D. A. 100

MINISTERO DELLA MARINA

DIREZIONE GENERALE DELLE ARMI E DEGLI ARMAMENTI NAVALI

ISTRUZIONI MILITARI PER LA R. MARINA

MANUALE DELL'ELETTRICISTA

ROMA 1939-XVIII

D. A. 100

MINISTERO DELLA MARINA

DIREZIONE GENERALE DELLE ARMI E DEGLI ARMAMENTI NAVALI

ISTRUZIONI MILITARI PER LA R. MARINA

MANUALE
DELL'ELETTRICISTA

ROMA 1939-XVIII

COPIE STAMPATE N. 2000

Società Anonima Poligrafica Italiana — Roma - Via della Guardiola, 22

ELENCO DI DISTRIBUZIONE

La presente pubblicazione è stata distribuita alle seguenti Autorità:

AUTORITÀ	N. delle copie
Marina	1
Maristat	1
Maripers	2
Maricost	1
Marinarmi	5
Biblioteca centrale e Biblioteche dipartimentali	1
Comandi in Capo e Comandi M. M.	1
Comando Superiore del C. R. E. M.	2
Comando R. Accademia Navale	5
Istituto Guerra Marittima	1
Comando Scuole C. R. E. M.	5
Comandi in Capo di Squadra	1
Comandi di Divisione	1
Corazzate, incrociatori, esploratori, cacciatorpediniere, sommergibili, NS1-NS2	1

La presente pubblicazione è in vendita presso le Scuole C.R.E.M. San Bartolomeo (La Spezia) al prezzo di L. 10.

INDICE

Elenco di distribuzione III

CAPITOLO I

Premessa — L'elettricità . . . . . *Pag.* 1

Par. 1 — Corrente elettrica — Potenziale — Forza elettromotrice . . » 5
» 2 — Circuito elettrico — Poli — Direzione della corrente . » 8
» 3 — Correnti costanti e variabili — Corrente continua ed alternata . » 9
» 4 — Unità di potenziale e di f.e.m. — di quantità di elettricità — di corrente elettrica . . . . . » 11

CAPITOLO II

Par. 5 — Classificazione dei corpi secondo la loro facoltà di trasmettere l'elettricità . . . . . *Pag.* 15
» 6 — Resistenza elettrica . . . . . » 16
» 7 — Influenza della temperatura sulla resistenza . . . . . » 20
» 8 — Legge di Ohm . . . . . » 20
» 9 — Campioni e cassette di resistenza — Reostati . . . . . » 27
» 10 — Conduttori elettrici . . . . . » 46

CAPITOLO III

Par. 11 — Lavoro e potenza della corrente elettrica — Legge di Joule . *Pag.* 59
» 12 — Applicazioni termoelettriche . . . . . » 68

CAPITOLO IV

Par. 13 — Distribuzione della corrente nei circuiti derivati — Principii di Kirchoff — Applicazioni . . . . . *Pag.* 71

CAPITOLO V

Par. 14 — Cariche elettrostatiche . . . . . *Pag.* 77
» 15 — Elettricità atmosferica . . . . . » 81
» 16 — Capacità elettrostatica . . . . . » 83
» 17 — Condensatori . . . . . » 85
» 18 — Condensatori in parallelo e loro accoppiamento . . . . » 86
» 19 — *Condensatori in serie e loro accoppiamento* . . . . » 86
» 20 — Dielettrici e coibenti . . . . . » 88

CAPITOLO VI

Par. 21 — Trasmissione dell'elettricità attraverso gli elettroliti — Elettrolisi *Pag.* 91
» 22 — Leggi elettrochimiche — Applicazioni . . . . . » 93
» 23 — Generalità sulle pile — Polarizzazione e depolarizzazione . . » 96
» 24 — Vari tipi di pile — Accoppiamento delle pile — Potenza e rendimento delle pile . . . . . » 98
» 25 — Teoria dell'accumulatore a piombo — Formazione — Vari tipi di accumulatori a piombo . . . . . » 102
» 26 — Capacità — Densità — Trattamento degli accumulatori a piombo — Carica e scarica — Rendimento ed accoppiamento degli accumulatori . . . . . » 105
» 27 — Accumulatori al ferro nichel (o ad altro elettrolito alcalino) . » 110

CAPITOLO VII

Par. 28 — Magneti naturali ed artificiali — Loro proprietà . . . . *Pag.* 121
» 29 — Magnetismo terrestre . . . . . » 122
» 30 — Ipotesi sulla costituzione del magnetismo . . . . . » 124
» 31 — Campo magnetico — Circuito magnetico . . . . . » 125
» 32 — Permeabilità ed induzione magnetica — Materiali magnetici . » 129

CAPITOLO VIII

Par. 33 — Campo magnetico prodotto da una corrente — Regole per determinare il senso — Solenoidi . . . . . *Pag.* 131
» 34 — Forza magnetizzante - Riluttanza . . . . . » 134
» 35 — Saturazione — Isteresi magnetica . . . . . » 136
» 36 — Elettromagneti . . . . . » 139
» 37 — Azioni fra correnti o fra correnti e campi magnetici . . . » 141

CAPITOLO IX

Par. 38 — Induzione elettromagnetica — Sue leggi . . . . . *Pag.* 145
» 39 — Autoinduzione e coefficiente di autoinduzione . . . . . » 148
» 40 — Mutua induzione e coefficiente di una mutua induzione . » 150
» 41 — Correnti parassite o di Foucault . . . . . » 150

CAPITOLO X

Par. 42 — Generalità sulle correnti alternate . . . . . *Pag.* 153

» 43 Fase di una grandezza alternata — Valori istantanei — Valori medi — Valori efficaci . . . . . » 157

» 44 Azione della capacità e della induttanza sulla corrente alternata — Impedenza . . . . . » 159

» 45 Potenza della corrente alternata — Fattore di potenza . . » 163

» 46 — Perdita di carico e variazione della resistenza dei conduttori per effetto della corrente alternata . . . . . » 165

» 47 Correnti alternate derivate . . . . . » 167

» 48 Correnti alternate polifasi — Aggruppamenti a stella ed a triangolo . . . . . » 167

» 49 — Campo magnetico rotante . . . . . » 172

CAPITOLO XI

Par. 50 — Considerazioni generali sulle misure della pratica — Sistemi di misura . . . . . *Pag.* 175

» 51 Tipi principali di strumenti di misura e loro caratteristiche . » 179

» 52 Misura dell'intensità della corrente e della f.e.m. . . . . » 180

» 53 Misura della resistenza . . . . . » 185

» 54 Misura della potenza elettrica . . . . . » 188

» 55 Misure varie . . . . . » 189

» 56 Misure e prove d'isolamento . . . . . » 192

CAPITOLO XII

Par. 57 Generalità sui generatori a corrente continua . . . . . *Pag.* 199

» 58 — Raddrizzamento della corrente — Collettore — Commutazione . » 200

» 59 Dinamo con indotto ad anello e dinamo con indotto a tamburo . » 204

» 60 Eccitazione — Induttori . . . . . » 207

» 61 — Reazione di indotto — Commutazione — Poli ausiliari — Circuiti compensatori . . . . . » 210

» 62 F.e.m. indotta in un generatore . . . . . » 215

» 63 — Vari tipi di dinamo — Loro comportamento — Caratteristiche » 216

» 64 — Perdite — Potenza — Rendimento della dinamo . . . . . » 223

» 65 — Accoppiamento delle dinamo . . . . . » 225

» 66 — Principio degli avvolgimenti — Avvolgimenti ondulati ed embriciati — Confronti fra i vari tipi — Nozioni di bobinaggio . » 227

CAPITOLO XIII

Par. 67 — Reversibilità delle dinamo — Coppia motrice — Forza controelettromotrice — Velocità dei motori elettrici . . . . . *Pag.* 237

» 68 Reazione di indotto — Posizione delle spazzole . . . . . » 240

» 69 Vari tipi di motori — Loro comportamento . . . . . » 240

Par 70 — Avviamento — Inversione del moto — Frenatura — Variazioni di velocità . . . . . Pag. 244
» 71 — Avvolgimenti e loro avarie più comuni . . . . . » 246
» 72 — Potenza e rendimento dei motori . . . . . » 252

CAPITOLO XIV

Par. 73 — Generalità sugli alternatori . . . . . Pag. 253
» 74 — Alternatori polifasi — Avvolgimenti degli alternatori . . . » 257
» 75 — Perdite — Potenza e rendimento degli alternatori . . . . » 261
» 76 — Accoppiamento e messa in fase degli alternatori . . . . » 262

CAPITOLO XV

Par. 77 — Generalità sui motori a corrente alternata — Motori asincroni Pag. 267
» 78 — Rendimento e potenza dei motori asincroni . . . . . » 273
» 79 — Motori sincroni . . . . . » 273

CAPITOLO XVI

Par. 80 — Generalità sui trasformatori — Trasformatori statici . . . Pag. 277
» 81 — Trasformatori statici polifasi — Rendimento dei trasformatori . » 280
» 82 — Trasformatori rotanti, convertitori . . . . . » 282

CAPITOLO XVII

Par. 83 — Arco voltaico — Generalità sulle lampade ad arco . . . Pag. 285
» 84 — Regolazione delle lampade ad arco . . . . . » 286
» 85 — Lampade ad incandescenza — Vari tipi — Consumo . . . » 290
» 86 — Campanelli elettrici — Telefoni — Telegrafi . . . . . » 293
» 87 — Cenno teorico sul sistema di punteria generale tipo Girardelli . » 301
» 88 — Proiettori . . . . . » 304
» 89 — Proiettore « Sperry Galileo » . . . . . » 311
» 90 — Recentissime modifiche apportate al proiettore « Galileo Sperry » » 333
» 91 — Comando a distanza dei proiettori . . . . . » 335

CAPITOLO XVIII

Par. 92 — La girobussola in generale . . . . . Pag. 337
» 93 — Linee schematiche della bussola Sperry . . . . . » 338
» 94 — Descrizione sommaria del complesso giroscopico Sperry . . . » 341

CAPITOLO XIX

Par. 95 — Cenno sulle centrali di tiro e lancio . . . . . Pag. 351
» 96 — Trasmettitori d'ordini R. Marina a corrente alternata . . . » 354
» 97 — Cenno sulle varie applicazioni dei trasmettitori d'ordini R. Marina » 359

CAPITOLO XX

Par. 98 - Cenni sugli impianti terrestri . . . . . *Pag.* 361
» 99 - Generalità sulle centrali elettriche a bordo delle RR. Navi . . » 366
» 100 - Cenno sulla parte elettrica della dinamo Thomson Houston da 150 Kw. 110 V. . . . . » 371
» 101 - Prove ordinarie delle dinamo . . . . . » 374
» 102 - Avarie principali delle dinamo . . . . . » 375
» 103 - Riparazioni delle dinamo . . . . . » 380
» 104 - Manutenzione delle dinamo . . . . . » 382
» 105 - I quadri - Reti e circuiti di distribuzione a corrente continua . » 383
» 106 - Conduttori e canalizzazioni - Apparecchi accessori degli impianti - Protezione delle linee - Isolamento dell'impianto - Prove sulle linee . . . . . » 384

CAPITOLO XXI

Par. 107 - Nozioni di radiotelegrafia - Introduzione - Onde elettromagnetiche e vari modi di generarle - Circuiti oscillanti . . *Pag.* 389
» 108 - Risonanza . . . . . » 398
» 109 - Generalità sugli apparati trasmittenti . . . . . » 399
» 110 - Generalità sugli apparati riceventi . . . . . » 403
» 111 - Cenno sulle valvole termoioniche - Apparati a valvola . . » 408
» 112 - Cenno di radiotelefonia . . . . . » 425
» 113 - Cenno di radiogoniometria . . . . . » 428
» 114 - Cenno sui segnali sottomarini . . . . . » 430
» 115 - Cenno di radiocomando . . . . . » 432
» 116 - Appendice . . . . . » 435

CAPITOLO XXII

Par. 117 - Norme generali per il funzionamento e la manutenzione delle turbine . . . . . *Pag.* 437
» 118 - Turbodinamo Thompson - Houston - 150 Kw. - 110 v. . . . » 443
» 119 - Turbodinamo S. T. T. da 150-160 Kw. e 220 Volts . . . . » 463
» 120 - Turbodinamo Tosi da 30 Kw. . . . . » 478

CAPITOLO XXIII

Par. 121 - Generalità . . . . . *Pag.* 483
» 122 - Lavori di rettifica e di manutenzione per i motori in genere . » 483
» 123 - Norme generali per la condotta dei motori a combustione . . » 493
» 124 - Gruppo elettrogeno da 150 Kw. - 220 V. con motore Ansaldo . . » 500

Par. 125 Motore Diesel Tosi senza compressore tipo A da 50 HP. . . *Pag.* 510
» 126 Gruppo elettrogeno da 18 Kw. - 115 V. - 550 giri con motore a testa calda - S. Giorgio . . . . . » 516
» 127 Motore a testa calda Muzzi da 7 HP. . . . . » 527

CAPITOLO XXIV

Par. 128 Messa in moto e funzionamento della dinamo . . . . *Pag.* 539
» 129 Manutenzione ordinaria . . . . . » 540
» 130 Collegamento in parallelo . . . . . » 542
» 131 Avarie principali della dinamo . . . . . » 544
» 132 Tabelle riassuntive . . . . . » 550
» 133 Lavori di riparazione delle dinamo . . . . . » 552

CAPITOLO XXV

Par. 134 Utilizzazione delle pile a bordo . . . . . *Pag.* 554
» 135 Utilizzazione degli accumulatori a bordo . . . . . » 557
» 136 Norme per l'esercizio degli accumulatori al piombo . . . » 557
» 137 Accumulatori Edison al ferro - nichel . . . . . » 565
» 138 Norme per l'esercizio degli accumulatori al ferro - nichel . . » 566
» 139 Assegnazione alle R. Navi delle lampade portatili ad accumulatori e relativi accessori . . . . . » 573

CAPITOLO XXVI

Par. 140 Influenza della temperatura sulla capacità degli accumulatori . *Pag.* 575
» 141 Scarica . . . . . » 580
» 142 Carica . . . . . » 581
» 143 Sovraccarica . . . . . » 584
» 144 Manutenzione e trattamento della batteria . . . . . » 586
» 145 Deficienze degli accumulatori . . . . . » 591

CAPITOLO XXVII

Par. 146 — Generalità sull'impiego dell'elettricità a bordo delle navi da guerra *Pag.* 597
» 147 — Generalità sugli impianti elettrici delle navi tipo « Duilio » - « Ancona » - « Trento » - « Pancaldo » . . . . . » 599
» 148 — Accessori degli impianti . . . . . » 606
» 149 — Condotta pratica delle canalizzazioni elettriche . . . . » 616

CAPITOLO XXVIII

Par. 150 — Sistemazione ed esercizio degli apparecchi di illuminazione . . *Pag.* 627
» 151 — Sistemazione e funzionamento dei proiettori . . . . . » 637

CAPITOLO XXIX

Par. 152 — Generalità . . . . . *Pag.* 643
» 153 — Sistemazione dei motori . . . . . » 644
» 154 — Messa in moto dei motori — Resistenza d'avviamento . . . » 646
» 155 — Particolari dispositivi per i grossi motori a bordo . . . » 646
» 156 — Trasformatore rotante . . . . . » 649
» 157 — Convertitori rotanti per proiettori . . . . . » 651
» 158 — Manovra elettrica per il brandeggio dei tubi di lancio . . . » 655
» 159 — Condotta dei motori . . . . . » 660

CAPITOLO XXX

Par. 160 — Suonerie elettriche . . . . . *Pag.* 663
» 161 — Contagiri elettrici . . . . . » 668
» 162 — Telegrafi a macchina . . . . . » 676

CAPITOLO XXXI

OZONIZZAZIONE DELL'ACQUA POTABILE *Pag.* 681

CAPITOLO XXXII

Par. 163 — Generalità sull'impiego dei telefoni a bordo . . . . . *Pag.* 683
» 164 — Cenno sulle centrali telefoniche automatiche . . . . . » 685

CAPITOLO XXXIII

Par. 165 — Circuiti di sparo . . . . . *Pag.* 715
» 166 — Cenni sugli impianti per la direzione del tiro . . . . » 720

BIBLIOGRAFIA . . . . . » 743

INDICE DELLE TABELLE

Tabella	1	Resistenza specifica e coefficiente di temperatura	*Pag.*	19
»	2	Resistenza per reostati di costantana, nichelina e reotano in fili	»	40
»	3	Resistenza di argentana e ferro in fili	»	41
»	4	Resistenza kruppina in fili	»	42
»	5	Resistenza dei nastri di ferro, argentana, nichelina . . .	»	43
»	6	Resistenza di nikrome	»	44
»	7	Resistenza specifica in ohm — cm. delle soluzioni acquose di alcuni sali a 18° C.	»	45
»	8	Conducibilità relativa di alcuni metalli rispetto alla conducibilità dell'argento presa come 100, e del mercurio presa come 1 . .	»	52
»	9	Peso e resistenza dei fili di rame puro a 0°	»	53
»	10	Resistenza in ohm per Km. a 15° e carico di rottura in Kg. dei fili di rame duro di conduttività del 96 %	»	54
»	11	Idem per fili di rame dolce di conduttività del 98 % . . .	»	55
»	12	Corde di rame, peso specifico 8.9	»	56
»	13	Fili di ferro dolce peso specifico 7.7	»	57
»	14	Fili di bronzo per telefoni e telegrafi	»	57
»	15	Piombi fusibili	»	67
»	16	Fusibili in rame	»	67
»	17	Nicromo	»	70
»	18	Argentana	»	70
»	19	Dielettrici	»	89
»	20	Elementi	»	94
»	21	Valori delle correnti alternate ad intervalli di tempo uguali . .	»	153

PREMESSA

L' Elettricità

L'elettricità è un fenomeno naturale che si rivela ai nostri sensi per mezzo di manifestazioni fisiologiche (scossa elettrica), meccaniche (attrazioni, repulsioni, rotazioni), calorifiche (riscaldamento di corpi percorsi da correnti elettriche), luminose (scariche elettriche, arco voltaico, lampadine elettriche), chimiche (galvanoplastica), magnetiche (elettrocalamite). Poichè a ciascuna di queste manifestazioni corrispondono numerosissime applicazioni pratiche in ogni campo dell'attività umana, esiste una scienza, detta appunto Elettrofisica, la quale si propone lo studio di tutti i fenomeni elettrici e delle leggi che li regolano, nonchè dei mezzi atti a permetterne lo sfruttamento pratico.

Mentre è stato possibile all'Elettrofisica stabilire il modo di prodursi di ogni singolo fenomeno elettrico conosciuto, per quanto riguarda la causa prima da cui derivano, cioè l'elettricità, ci si deve accontentare di ipotesi, ossia di supposizioni, con le quali si tenta di spiegarcene l'essenza in maniera che non contrasti con i fenomeni stessi. A questo proposito è opportuno notare come in molti altri campi oltre in quello dell'elettricità, la scienza debba procedere per semplici supposizioni o ipotesi quando si tratti di stabilire la causa, l'origine intima di un fenomeno naturale; così noi sappiamo come si propagano i raggi luminosi ed a quali leggi obbediscono, ma non sappiamo con certezza cosa sia la luce, e lo stesso può dirsi per il calore, per la gravitazione universale, ecc.

Di queste ipotesi, dette anche teorie, sull'elettricità ne sono state enunciate parecchie, ma col progredire della scienza molte di esse si sono dimostrate inverosimili perchè contrastanti con nuovi fenomeni elettrici scoperti e studiati.

Cercheremo di dare un'idea molto sommaria della teoria elettronica che è la più recente e la più accreditata, per passare quindi allo studio dei vari fenomeni elettrici che rappresenta lo scopo, essenzialmente pratico, di queste lezioni.

Secondo la teoria elettronica sulla origine dell'elettricità bisogna ammettere che le particelle infinitamente piccole che costituiscono la materia, alle quali la chimica dà il nome di *atomi* e *molecole*, siano a loro volta costituite da nuclei centrali che diremo positivi, attorno ai quali si muoverebbero con velocità altissima elementi ancora più piccoli chiamati *elettroni* e che diremo negativi (fig. 1).

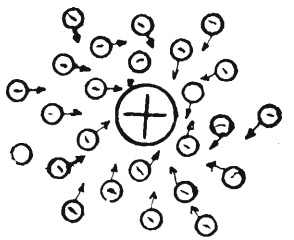


Fig. 1.

In ogni nucleo sarebbe concentrata una infinitesima *quantità di elettricità* positiva o *carica positiva* (+) e nel gruppo di elettroni circostanti una uguale *quantità di elettricità* negativa o *carica negativa* (—). Tra le cariche dello stesso nome si svilupperebbe una reciproca azione repulsiva, vale a dire ogni elettrone tenderebbe ad allontanarsi dagli altri elettroni ed ogni nucleo tenderebbe ad allontanarsi dagli altri nuclei; mentre fra le cariche di nome contrario si svilupperebbero azioni attrattive ossia tutti gli elettroni tenderebbero ad avvicinarsi al nucleo.

In un corpo qualunque non elettrizzato tutte queste forze di attrazione e di repulsione si farebbero equilibrio fra di loro e gli elettroni si muoverebbero attorno ai rispettivi nuclei con moto continuo vibratorio e rotatorio di ampiezza proporzionale alla temperatura del corpo.

Gli elettroni potrebbero divenire liberi, ossia sottrarsi all'azione attrattiva dei nuclei cui appartengono, se sospinti da una forza esterna, a muoversi tutti in una stessa direzione.

La forza che obbligherebbe gli elettroni ad allontanarsi dai rispettivi nuclei, chiamasi forza elettromotrice, ed è una forza che può essere creata in vari modi che verranno in seguito studiati.

L'insieme degli elettroni che si muovono tutti in una stessa direzione formerebbe ciò che si chiama corrente elettrica.

Gli elettroni liberi muovendosi trasportano con loro le rispettive cariche negative; ne consegue che nel punto al quale gli elettroni si allontanano si avrà una preponderanza di cariche positive ossia una elettrizzazione positiva, mentre nel punto al quale gli elettroni affluiscono si avrà una preponderanza di cariche negative, ossia una elettrizzazione negativa. Possiamo dire dunque

che la direzione della corrente elettronica è dai punti dei corpi elettrizzati positivamente verso i punti elettrizzati negativamente.

Lo studio dei fenomeni elettrici viene generalmente suddiviso in due parti principali e cioè studio dei fenomeni elettrici che avvengono nei corpi nei quali sono condensate cariche elettriche ferme ed isolate, e studio dei fenomeni elettrici che avvengono nei corpi attraversati da cariche elettriche in movimento, trasportate da un flusso di elettroni costituente ciò che abbiamo chiamata *corrente elettrica*.

La prima parte viene chiamata *elettrostatica* e gli argomenti ad essa inerenti di interesse pratico formeranno oggetto di un capitolo a parte che studieremo più avanti; la seconda parte, per i nostri scopi di gran lunga più importante, vien chiamata *elettrodinamica*.

Passiamo dunque allo studio dei vari fenomeni prodotti dalla corrente elettrica, ripetendo, per maggior chiarezza, alcune definizioni già date.

CAPITOLO I.

Corrente elettrica

§ 1 — Corrente elettrica — Potenziale — Forza elettromotrice

Si abbiano (fig. 2), due recipienti A e B contenenti un liquido qualsiasi e comunicanti fra di loro per mezzo di un tubo di gomma t, sappiamo dalla fisica che per la nota proprietà dei vasi comunicanti, qualunque sia la posizione nella quale porremo i due recipienti, in essi il liquido tenderà ad assumere lo stesso livello.

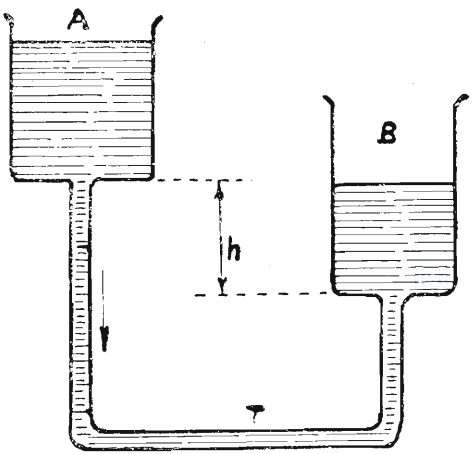


Fig. 2.

Così, per esempio, innalzando il recipiente A al di sopra del recipiente B, di un certo tratto h, vedremo il liquido passare dal primo al secondo attraverso il tubo t finchè in ambedue i recipienti non avrà raggiunto nuovamente lo stesso livello.

La differenza di livello o dislivello idraulico prodotto fra i due recipienti sollevando *A* di un tratto al disopra di *B*, ha provocato una corrente di liquido da *A* verso *B*; ed è facile verificare che tale corrente di liquido è tanto più intensa e rapida, quanto maggiore è il dislivello *h* fra i due recipienti.

Fra due corpi elettrizzati differentemente avviene qualche cosa di analogo a tutto questo, vale a dire mettendoli in comunicazione tra di loro, per mezzo di un corpo adatto, a causa del *dislivello elettrico* esistente si forma una corrente di cariche elettriche, o *corrente elettrica*, in virtù della quale il dislivello scompare mentre i due corpi assumono lo stesso *livello elettrico*.

Anche in questo caso la corrente elettrica sarà tanto più intensa quanto maggiore sarà il *dislivello elettrico* fra i due corpi e sarà diretta dal corpo a livello elettrico più alto verso quello a livello elettrico più basso. Il livello elettrico di un corpo chiamasi *potenziale elettrico* e *differenza di potenziale* chiamasi invece il dislivello elettrico esistente fra i due corpi aventi potenziali diversi.

Come nel caso dei recipienti comunicanti occorreva l'intervento di una forza esterna per creare il dislivello h, ed era precisamente la forza necessaria per sollevare il recipiente A di un tratto h al disopra del recipiente B, così per creare una differenza di potenziale occorre l'intervento di una forza che si indica col nome di *forza elettromotrice*.

Possiamo dunque dire che la forza elettromotrice (f.e.m.) è la causa che crea la differenza di potenziale fra due corpi; la differenza di potenziale a sua volta provoca il passaggio di una corrente elettrica dal corpo a potenziale maggiore verso il corpo a potenziale minore, qualora però essi siano messi in comunicazione per mezzo di un *conduttore*. Si chiamano conduttori quei corpi che sono facilmente attraversati dalla corrente elettrica mentre gli altri, attraverso i quali il passaggio di cariche elettriche non è possibile si chiamano *isolanti* o *coibenti*.

Sia (fig. 3) P una pompa azionata, per esempio, da un motore a vapore, la quale aspiri l'acqua da un pozzo A per mandarla nel serbatoio S dal quale un tubo t la conduca ad agire sopra la ruota a palette R, un secondo tubo t' riporti infine l'acqua nel pozzo A. L'energia della macchina a vapore innalza il livello dell'acqua per mezzo della pompa, l'acqua a sua volta circolando attraverso i tuti t e t' dal livello più alto al livello più basso mette in movimento la ruota R la quale può servire, ad esempio, ad azionare un mulino. In conclusione l'energia meccanica della macchina a vapore si trasforma successivamente in energia potenziale, in energia idraulica, ed infine nuovamente in energia meccanica.

La energia potenziale è accumulata nell'acqua mandata nel serbatoio S, la energia idraulica è immagazzinata nell'acqua in movimento che, a sua volta, per mezzo della ruota R, la trasforma nuovamente in energia mecca-

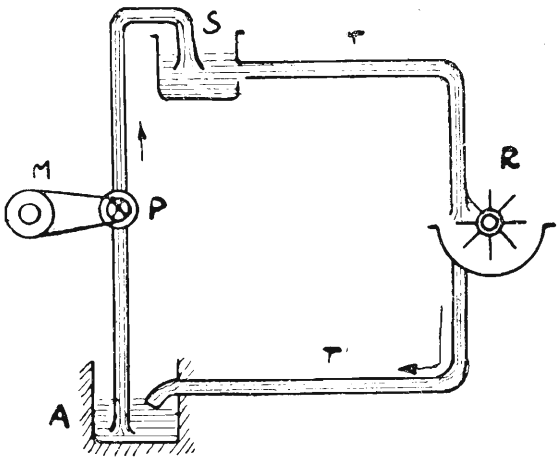


Fig. 3.

nica. Il generatore di potenza idraulica dunque è la pompa che crea il dislivello idraulico il quale a sua volta crea la corrente d'acqua. La ruota R che utilizza la corrente d'acqua per trasformarla in energia meccanica dicesi *ricevitore* od *utente*.

L'acqua dunque non è energia idraulica ma è il mezzo adatto a trasmetterla. Similmente nello schema della fig. 4, G è un generatore di energia

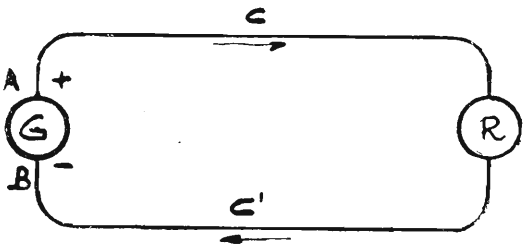


Fig. 4.

elettrica ossia un apparecchio capace di trasformare un'altra specie di energia (meccanica, chimica, termica) in energia elettrica, ed esso crea una f.e.m. che a sua volta stabilisce una certa differenza di potenziale fra i punti A e B obbligando l'elettricità a muoversi lungo i conduttori c c' nel senso indicato dalla freccia; si stabilisce dunque una corrente elettrica la quale parte

dal punto A, percorre il conduttore c, attraversa il ricevitore od utente R e ritorna a G nel punto B percorrendo il conduttore c'.

Il passaggio della corrente elettrica attraverso il ricevitore R determina la trasformazione della energia elettrica immagazzinata nell'elettricità in movimento in un'altra forma di energia (meccanica, termica, luminosa, chimica) che potremo sfruttare per i nostri scopi pratici (locomozione, riscaldamento, illuminazione, ecc.).

§ 2 — Circuito elettrico — Poli — Direzione della corrente

Abbiamo visto nell'esempio della fig. 3 che l'elettricità messa in movimento dalla differenza di potenziale stabilita tra i punti A e B della f.e.m. creata dal generatore G percorre il conduttore c passa attraverso il ricevitore R ed attraverso il conduttore c' ritorna al generatore nel punto D.

La linea chiusa generatore - conduttore c - ricevitore - conduttore c' - generatore chiamasi *circuito elettrico* ed in esso si distingue il tratto A - conduttore c - ricevitore - conduttore c' B col nome di *circuito esterno* mentre il tratto B e A nell'interno del generatore si indica col nome di *circuito interno*.

I punti A e B del generatore si chiamano *poli* e precisamente il punto A dal quale l'elettricità parte verso il circuito esterno si distingue col nome di *polo positivo* e si indica col segno (+) mentre il punto B al quale l'elettricità ritorna dopo aver percorso il circuito esterno si distingue col nome di *polo negativo* e si indica col segno (—).

Perchè la corrente elettrica possa circolare è necessario che generatore, utente e conduttori che li collegano formino una linea chiusa, ossia senza interruzioni, ed in tal caso si dice appunto che *il circuito è chiuso;* se invece vogliamo che la corrente cessi di circolare dobbiamo produrre una interruzione ed in tal caso si dice che *il circuito è aperto* o *interrotto*.

La chiusura e l'apertura dei circuiti si fa mediante i cosidetti *interruttori* di cui studieremo in seguito i vari tipi.

Dalle definizioni date risulta che la corrente elettrica ha nel circuito esterno la direzione dal polo positivo (+) al polo negativo (—) e nel circuito interno, ossia nel generatore, dal polo negativo (—) al polo positivo (+) (1).

(1) La direzione della corrente così stabilita è puramente convenzionale poichè secondo la teoria elettronica già enunciata il movimento delle cariche negative trasportate dagli elettroni avverrebbe precisamente in direzione opposta, ossia dal polo positivo al polo negativo nel circuito interno e viceversa nel circuito esterno.

Nella pratica però questa convenzione è ancora universalmente accettata, vale a dire si considera la corrente elettrica come un movimento di cariche positive nella direzione suddetta.

Anche nel ricevitore R si chiamano *poli* i punti nei quali l'elettricità entra ed esce, e precisamente si chiama polo positivo il punto A' collegato col polo positivo del generatore; e polo negativo il punto B' collegato col polo negativo del ricevitore; si vede che nel caso del ricevitore, contrariamente a quello del generatore il polo positivo è quello nel quale la corrente entra, ed il polo negativo è quello dal quale la corrente esce.

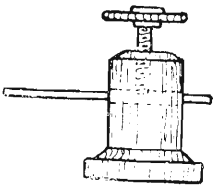


Fig. 5.

Poichè in genere, come vedremo in seguito, i conduttori sono costituiti da fili metallici, per facilitare gli attacchi i poli dei generatori e degli utenti sono generalmente muniti di *morsetti* o *serrafili* simili a quello indicato in fig. 5; nel foro f viene introdotta l'estremità del conduttore che servirà a collegare i poli del generatore e dell'utente e la vite di pressione V la blocca in tale posizione.

§ 3 — Correnti costanti e variabili Corrente continua e alternata

Abbiamo già visto che una corrente elettrica è tanto più intensa quanto maggiore è la differenza di potenziale e quindi la f.e.m. che la crea; inoltre anche la direzione della corrente dipende dalla differenza di potenziale fra i poli del generatore poichè essa va nel circuito esterno dal polo positivo al polo negativo e viceversa nel circuito interno, ed il polo positivo è appunto quello che in virtù della f.e.m. trovasi ad un potenziale elettrico più alto di quello del polo negativo.

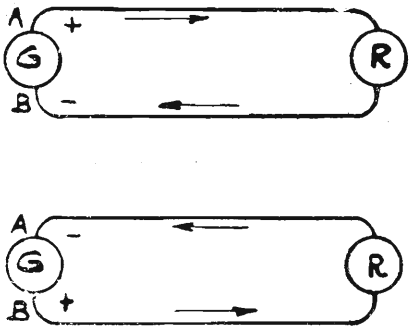


Fig. 6.

In conclusione possiamo dire che se fra i poli A e B di un generatore (fig. 6) la f.e.m. stabilisce una differenza di potenziale in un determinato senso, per esempio da A (+) a B (—), la corrente circola nel senso indicato

dalle freccie, se invece la f.e.m. è opposta alla precedente ossia stabilisce una differenza di potenziale fra A e B in senso inverso A (—), B (+), anche la corrente nel circuito si inverte.

Se poi il valore della f.e.m. cresce o diminuisce anche il valore o intensità della corrente cresce o diminuisce in proporzione.

Come vedremo più avanti esistono dei tipi di generatori nei quali la f.e.m. ha un valore costante e diretto sempre nello stesso senso, ed esistono altri tipi di generatori nei quali invece la f.e.m. è periodicamente variabile in valore e in senso.

Da quanto abbiamo già detto risulta evidente che questi due tipi di generatori saranno capaci di far circolare in un circuito esterno ad essi collegato due diverse specie di correnti elettriche e precisamente nel primo caso la corrente che avrà sempre un valore ed una direzione costanti chiamasi *corrente continua*, nel secondo caso la corrente subirà le stesse variazioni della f.e.m. che la genera e si distingue col nome di *corrente alternata*.

Ricorrendo ancora ad un esempio idraulico possiamo paragonare i due tipi di corrente elettrica ai due tipi di corrente d'acqua che si stabiliscono nei due schemi della fig. 7. Nel primo caso P è una pompa centrifuga a getto

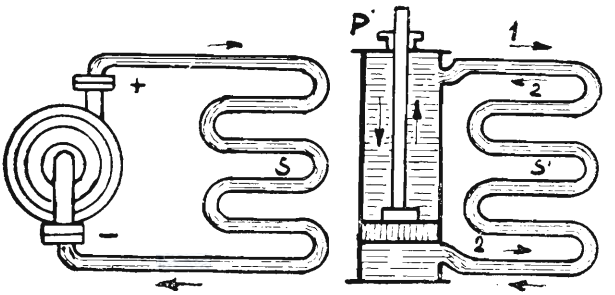


Fig. 7.

continuo che obbliga l'acqua a circolare nella serpentina S costantemente nella direzione indicata dalla freccia, mentre nel secondo caso la pompa a stantuffo P' obbliga l'acqua a circolare nella serpentina S' alternativamente nel senso della freccia 1 e nel senso inverso della freccia 2, e secondo che lo stantuffo si muove verso l'alto o verso il basso.

I due tipi di corrente continua ed alternata, sono quelli che cerchiamo di produrre con i diversi generatori esistenti, perchè meglio si prestano all'utilizzazione pratica, ma in certi casi, che studieremo in seguito, si possono avere anche correnti variabili che non appartengono nè all'uno nè all'altro di questi due tipi.

§ 4 — Unità di potenziale e di f. e. m., di quantità di elettricità, di corrente elettrica

Abbiamo già definita la f.e.m. come la causa che sollecita il movimento delle cariche elettriche; la differenza di potenziale che si viene a stabilire fra i poli del generatore è la conseguenza diretta di questa causa.

Supponiamo adesso di avere un corpo C del peso di 3 Kg. poggiato sopra un piano (fig. 8), e immaginiamo di sospenderlo di un certo tratto *h* dal piano, esercitando un certo sforzo sul filo al quale esso è attaccato.

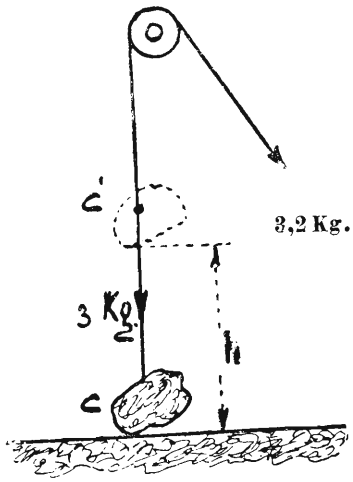


Fig. 8.

Sappiamo che lo sforzo che dovremo esercitare sul filo F sarà un poco superiore a 3 Kg. poichè dovremo vincere, oltre il peso del corpo C, anche l'attrito della carrucola; supponiamo quindi che lo sforzo debba essere di 3,2 Kg. Se si lasciasse poi cadere il corpo C dall'altezza h, esso nel giungere sul piano potrebbe comprimere un altro corpo — o compiere comunque un lavoro.

Ciò chiaramente dimostra che alzando il corpo C, noi abbiamo a quello conferito una certa energia, che è rigorosamente dipendente dalla sua posizione, e che per questo chiamasi « Energia potenziale ».

Il lavoro da noi compiuto e l'energia potenziale di conseguenza accumulatasi nel corpo C sono dunque grandezze della stessa specie, pur non essendo uguali, e si misurano con le stesse unità di misura.

Anche la f.e.m. in un generatore elettrico e la differenza di potenziale ai suoi poli, sono grandezze della stessa specie, pur non essendo uguali (1) e si misurano colla stessa unità di misura che è il Volt (da *Volta*, il celebre fisico italiano inventore della pila elettrica).

Volendo ricorrere ancora ad un esempio idraulico, possiamo dire che la differenza di potenziale fra i poli di un generatore equivale all'altezza di una cascata d'acqua. Ma, come per definire una cascata d'acqua, non basta conoscerne l'altezza, ma occorre anche conoscerne la *portata* o quantità di acqua che cade nell'unità di tempo, così, nel caso dell'elettricità non basta conoscere la differenza di potenziale esistente ai poli di un generatore, ma occorre anche conoscere la portata elettrica o *intensità* della corrente elettrica, corrispondente alla *quantità di elettricità* che passa nell'unità di tempo attraverso una sezione del circuito.

Naturalmente si può parlare di intensità della corrente elettrica soltanto quando la corrente elettrica esista, ossia quando il circuito elettrico sia chiuso attraverso una catena di corpi conduttori dell'elettricità.

Se invece il circuito elettrico è aperto, potremo, oppure no, avere fra i poli di un generatore una certa differenza di potenziale a seconda che il generatore è in moto oppure è fermo, ma non potremo avere passaggio di corrente elettrica: nel qual caso si dice che l'intensità è zero.

Analogamente nel caso di una cascata, se mediante una diga sbarriamo il passaggio all'acqua questa non potrà più cadere, ma avrà sempre immagazzinata in sè una certa energia potenziale, la quale potrà dar luogo ad una corrente d'acqua ogni qualvolta aprendo le feritoie della diga, lasceremo libero il passaggio all'acqua.

La quantità d'acqua si misura in Kg. e la portata si misura in Kg. al secondo: così se da un'altezza di 100 metri precipitano in 20 secondi 2000 Kg. d'acqua, noi diciamo che la portata della cascata è di $\frac{2000}{20} = 100$ Kg. al secondo.

Sappiamo inoltre che la potenza della cascata è data da:

altezza × portata, ossia da: 100 Kg. × 100 metri = 10.000 Kilogrammetri al secondo.

La quantità di elettricità si misura in *Coulomb*, l'intensità della corrente in *ampère* (v. cap. XI).

---

(1) Vedremo in seguito per quali ragioni anche la f.e.m. in un generatore è sempre maggiore della differenza di potenziale ai poli del generatore stesso.

Se, per esempio, nel circuito della fig. 9 attraversato da corrente elettrica, passano ogni 20 secondi 2000 Coulomb di elettricità, possiamo dire che l'intensità di corrente nel circuito è di $\frac{2000}{20} = 100$ Coulomb al secondo, ossia di 100 ampère.

Abbiamo parlato di intensità di corrente nel circuito senza specificare in qual punto di esso poichè è intuitivo che *l'intensità di corrente che circola è la stessa attraverso a tutte le sezioni del circuito stesso*; infatti se così non fosse, l'elettricità dovrebbe crearsi o distruggersi in qualcuna di queste sezioni, il che è assurdo.

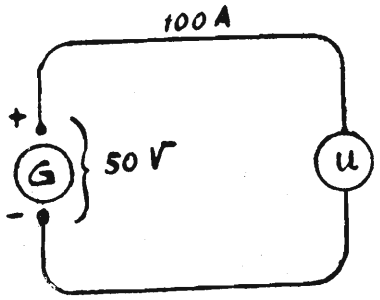


Fig. 9.

Diremo qui incidentalmente, salvo a ritornare più avanti sull'argomento, che anche nel caso del circuito elettrico la potenza si trova, come nel caso della cascata d'acqua, moltiplicando la differenza di potenziale ai poli del generatore per l'intensità della corrente che circola nel circuito. Questa potenza elettrica si misura in *Watt*, essendo il *Watt la potenza assorbita da un circuito nel quale circoli la corrente di un ampère per effetto di una differenza di potenziale di un volt applicata ai suoi estremi.*

Nel caso della figura 9 abbiamo supposto che la differenza di potenziale ai poli del generatore sia di 50 Volt (1) ed avremo quindi che la potenza elettrica sarà da 50 V × 100 A = 5000 Watt.

Le unità di misura, Volt, Coulomb, Ampère sono *unità pratiche* e furono definite dal congresso di Chicago nel 1901 derivandole da altre unità

(1) Nella pratica corrente per Ampère, Volt, Watt si usano rispettivamente (A) (V) e (W); si usa inoltre dire voltaggio o tensione per differenza di potenziale, e amperaggio per intensità di corrente.

di misura dette assolute ricavate a loro volta dal *sistema assoluto di misura C. G. S.* (centimetro grammo-secondo).

Avviene talvolta che le unità di misura pratiche impiegate per misurare alcune grandezze elettriche risultino o troppo grandi o troppo piccole, obbligando ad adottare cifre ingombranti con troppi zeri; si usano perciò per ogni unità dei multipli e sottomultipli, ottenuti aggiungendo opportuni prefissi ai nomi delle unità.

Un decimo, un centesimo, un millesimo, un milionesimo, si indicano rispettivamente con i prefissi, deci, centi, milli, micro; cento, mille, un milione di volte si indicano rispettivamente con etto, kilo, mega.

Ad esempio, 1000 Volt corrispondono ad 1 kilovolt: l'uso di questi prefissi è esteso anche ad altre unità elettriche di cui parleremo più avanti.

CAPITOLO II.

Trasmissione della corrente elettrica

§ 5 — Classificazione dei corpi secondo la loro facoltà di trasmettere l'elettricità

Abbiamo già accennato nel Capitolo I, alla distinzione fra corpi *Conduttori* ed *isolanti*; riprendiamo ora l'argomento per studiare più completamente il modo di comportarsi dei vari corpi esistenti in natura nei riguardi della trasmissione dell'elettricità.

La suddivisione dei corpi nelle due categorie di *conduttori* ed *isolanti* non è scientificamente esatta, poichè non esistono in natura corpi *perfettamente conduttori* o *perfettamente isolanti*, e la facoltà di trasmettere l'elettricità è posseduta in grado variabilissimo dalle diverse sostanze; è quindi più logico parlare di corpi *buoni conduttori* e corpi *cattivi conduttori* dell'elettricità

Le varie sostanze però si differenziano fra di loro anche per il fatto che in alcune di esse il passaggio dell'elettricità determina una alterazione dell'assetto molecolare, ossia una particolare disposizione, diversa dalla normale, delle infinitesime particelle chiamate molecole ed atomi che costituiscono la materia.

In base a queste considerazioni si distinguono i corpi in tre classi:

1. - Corpi che si lasciano attraversare con relativa facilità dalla corrente elettrica senza subire alcuna modificazione molecolare; a questa classe appartengono tutti i metalli, qualche composto metallico e qualche altro corpo fra cui il carbone.

In tutti i conduttori della prima classe la facilità di lasciare passare la corrente elettrica diminuisce con l'aumentare della temperatura, ad eccezione del carbone per il quale avviene il contrario.

2. - Corpi che si lasciano attraversare dalla corrente elettrica subendo però una profonda modificazione molecolare dovuta al fenomeno di *elettrolisi* di cui parleremo più avanti; appartengono a questa classe le soluzioni di sali, basi ed acidi diversi chiamate *elettroliti*.

Nei conduttori della seconda classe la facilità di lasciar passare la corrente elettrica aumenta con l'aumentare della temperatura.

3. - Corpi che si lasciano attraversare dalla elettricità in quantità ordinariamente trascurabile; questi corpi si distinguono col nome di *coibenti* od *isolanti* o *dielettrici*.

Sono corpi isolanti, ad esempio, il vetro, la porcellana, le resine, la paraffina, il petrolio, l'olio di vasellina, ecc.

Nella pratica corrente parlando di conduttori si intende sempre alludere ai corpi della prima classe e principalmente ai metalli con i quali generalmente si costituiscono i vari tratti dei circuiti elettrici; i coibenti invece si usano per proteggere i conduttori e impedire la dispersione della corrente elettrica che vi circola.

Esistono inoltre dei corpi chiamati *semiconduttori* i quali si lasciano parzialmente attraversare dalla corrente elettrica, specialmente se posti in particolari condizioni, quali ad esempio, il legno e la terra umidi, l'aria rarefatta, ecc.

§ 6 — **Resistenza elettrica**

Riprendiamo in esame lo schema idraulico della fig. 2 (pag. 5) affinchè il liquido possa muoversi dal recipiente A verso il recipiente B per raggiungere un certo livello uguale in ambedue, è necessario che i due recipienti siano posti in comunicazione fra di loro per mezzo del tubo t.

Sappiamo dalla pratica che le caratteristiche fisiche del tubo t influiscono direttamente sulla maggiore o minore facilità di movimento del liquido attraverso di esso.

Se infatti il tubo è di sezione molto piccola il liquido stenterà a passare e ci vorrà molto tempo perchè l'uguaglianza fra i due livelli venga raggiunta; possiamo insomma dire che attraverso il tubo passerà una debole corrente di liquido.

Inoltre avrà grande importanza lo stato della superficie interna del tubo, la quale più sarà liscia e levigata e minore attrito opporrà allo scorrimento del liquido.

Infine a parità di sezione e di levigatezza delle pareti interne, un tubo più lungo si lascerà attraversare da una corrente d'acqua più debole di quella che potrà attraversare un tubo più corto, perchè nel primo il liquido dovrà più a lungo vincere l'attrito delle superficie interna.

Possiamo dunque dire che la corrente d'acqua sarà tanto più forte quanto più il tubo sarà largo, corto, e levigato sulla superficie interna.

Abbiamo visto nel paragrafo precedente come in misura più o meno grande tutti i corpi si lascino attraversare dall'elettricità; tutti però offrono al passaggio della corrente elettrica un certo impedimento, analogamente a quello che avviene per un liquido che scorra in un tubo. Questo impedimento si chiama *resistenza elettrica* R e dipende, per un dato conduttore, dalla natura della sostanza con la quale è costituito e dalle sue dimensioni (lunghezza e area della sezione).

I buoni conduttori presentano al passaggio della corrente elettrica una resistenza minima mentre i cattivi conduttori offrono una resistenza massima.

L'unità di misura della resistenza elettrica è l'*ohm* (Ω) definito dal Congresso di Chicago (1893) come *la resistenza elettrica alla temperatura di 0° di una colonna di mercurio della sezione costante di 1 mm.*^{2} *e dell'altezza di cm. 106.*

Chiamasi *resistenza specifica* o resistività (ρ) di una data sostanza, la resistenza offerta al passaggio della corrente elettrica da un conduttore cilindrico della stessa sostanza, lungo 1 cm. ed avente una sezione di un cm^2.

La resistività varia da sostanza a sostanza e varia anche col variare della temperatura.

L'inverso della resistenza $C = \frac{I}{R}$ si chiama *conducenza* ed analogamente l'inverso della resistività $c = \frac{1}{\rho}$ si chiama *conducenza specifica* o *conduttività.*

La conducenza può definirsi come la facilità per un dato conduttore di lasciarsi attraversare dalla corrente elettrica e la conduttività la stessa cosa riferita ad un conduttore cilindrico lungo 1 cm. ed avente una sezione di 1 cm^2.

La pratica ha dimostrato che la resistenza di un conduttore aumenta col diminuire della sezione e con l'aumentare della lunghezza, similmente a quanto avviene nell'esempio idraulico già citato.

Nel caso però dei conduttori elettrici il terzo elemento da considerare per definire la resistenza è la natura della sostanza dalla quale è ricavato il conduttore, poichè, come abbiamo già detto, da questa dipende il valore della resistività.

In definitiva si esprime tutto ciò con la formula:

$$R = \rho \frac{l}{s} \qquad (1)$$

nella quale R è la resistenza in ohm, ρ la resistività pure in ohm, l ed s, rispettivamente la lunghezza del conduttore in centimetri e l'area della sua sezione in cm^2.

Questa formula ci permette di calcolare la resistenza offerta da un conduttore filiforme a sezione costante del quale si conoscano la resistività e le dimensioni (lunghezza e area della sezione); la resistività della sostanza con la quale è costruito il conduttore si ricava da apposite tabelle calcolate sperimentalmente (vedi tabella num. 1 a pagina 19).

Più frequentemente invece di ρ si assume nella pratica, come valore della resistività di una data sostanza, la resistenza K offerta al passaggio della corrente elettrica da un conduttore cilindrico della stessa sostanza lungo un metro ed avente una sezione costante di 1 mm^2.

In conseguenza la formula (1) diventa:

$$R \text{ (ohm)} = K \text{ (ohm)} \frac{1 \text{ metri}}{s \text{ mm}^2}$$

ed è evidentemente $K = 10.000\ \rho$

La formula si presta a calcolare anche uno qualunque dei quattro elementi R, K, l, s, quando si conoscano gli altri tre. (Vedi applicazioni numeriche nell'appendice).

TABELLA I

Resistenza specifica e coefficiente di temperatura

MATERIE	K a 15°	α
Acciaio	0,184	0,0039
Alluminio	0,028	0,0041
Argentana	0,314	0,00036
Argento	0,016	0,0037
Costantana	0,50	0
Ferro	0,10	0,0048
Kruppina	0,848	0,0007
Manganina	0,467	0
Mercurio	0,94	0,007
Nichel	0,85	0,005
Nichel-cromo	0,98	—
Nichelina	0,48	0,00024
Oro	0,022	0,003
Ottone	0,071	0,0017
Pakfong	0,2	—
Piombo	0,207	0,0038
Platino	0,247	0,00037
Rame	0,0175	0,0038
Reotano	0,526	0,00041
Stagno	0,127	—
Zinco	0,06	0,0037
Maillechort	0,40	0,003
Carbone	1÷10	0,0003
Filamento lamp. carbone	0,4	0,0004
Grafite	11,4	0,0009
Ohmnite	1,3	—
Nichel-cromo	0,9	—
Tantalio	0,16	0,003
Ferro-nichel	0,78	0,009

§ 7 — Influenza della temperatura sulla resistenza

Abbiamo già accennato, parlando del modo di comportarsi dei vari corpi nei riguardi della trasmissione dell'elettricità, all'influenza della temperatura sulla resistenza elettrica.

Come già dicemmo, in generale nei corpi conduttori eccettuato il carbone, la resistenza aumenta con l'aumentare della temperatura.

Poichè, come studieremo più avanti, uno degli effetti della corrente elettrica è appunto quello di riscaldare i conduttori che attraversa, è evidente la necessità di conoscere in quale misura e secondo quale legge avvengano le variazioni di resistenza causate nei conduttori elettrici dalle variazioni della temperatura.

Le esperienze eseguite a tale scopo hanno permesso di calcolare per ogni sostanza il *coefficiente di temperatura* α ossia l'aumento di resistenza, per ogni ohm di resistenza iniziale, in un dato conduttore la cui temperatura venga innalzata di un grado.

Se, quindi, la resistenza di un dato conduttore ad una data temperatura è R, innalzando di un grado la temperatura avremo un aumento di resistenza pari a $R \times \alpha$; se l'aumento della temperatura sarà non di un grado ma di t gradi, l'aumento di resistenza sarà $R \times \alpha \times t$, e quindi la resistenza totale del conduttore diventerà $R_t = R + R\,\alpha\,t$, dove R_t indica appunto la resistenza del conduttore alla nuova temperatura raggiunta.

L'ultima uguaglianza può anche scriversi:

$$R_t = R\ (1 + \alpha\, t)$$

la quale formula ci permette di calcolare la resistenza che offrirà un conduttore ad una certa temperatura di t gradi superiore alla temperatura alla quale si riferisce R.

La tabella 1 (pag. 19) fornisce i valori di α per le varie sostanze; è da tener presente che essendo i valori di K calcolati alla temperatura di 15°, l'aumento di temperatura dovrà considerarsi soltanto dai 15° in poi.

§ 8 — Legge di Ohm

Parlando della corrente elettrica (§ 1 pagina 5) abbiamo già accennato al concetto che l'intensità di corrente di un circuito è tanto maggiore quanto maggiore è la forza elettromotrice ai poli del circuito stesso, cioè l'*intensità di corrente è proporzionale alla* f.e.m.

Dalla definizione stessa di resistenza elettrica (§ 6) appare invece evidente che essendo la resistenza un impedimento al passaggio della corrente, l'intensità di questa debba essere in un circuito tanto maggiore quanto minore è la resistenza che incontra nel circuito stesso, cioè l'*intensità di corrente è inversamente proporzionale alla resistenza.*

Tutto ciò risulta evidente se si riflette che la f.e.m. è la causa che crea la corrente, e la resistenza è invece un ostacolo che le si oppone.

Riunendo queste due relazioni, possiamo scrivere:

$$\text{intensità di corrente} = B \frac{\text{f. e. m.}}{\text{resistenza}}$$

dove B è un coefficiente che dipende evidentemente dalle unità di misura che si adottano per misurare la corrente, la f.e.m. e la resistenza.

Vedremo in seguito come siano state scelte le unità pratiche di misura per l'intensità di corrente (ampère) e per la f.e.m. (volt); l'unità di resistenza (ohm) è stata scelta appunto in modo da soddisfare alla condizione di rendere il coefficiente B uguale all'unità quando nella formula la f.e.m. e la intensità di corrente siano misurate rispettivamente in volt ed ampère.

In tal caso la formula precedente può quindi essere scritta:

$$I \text{ (ampère)} = \frac{E \text{ (volt)}}{R \text{ (ohm)}}$$

da cui abbiamo anche:

$E = R\,I$, la quale relazione dice che:

La differenza di potenziale fra due punti di un circuito percorso da corrente, è uguale al prodotto dell'intensità per la resistenza del circuito fra i due punti considerati.

Questa legge importantissima che costituisce la base di tutta la teoria della corrente elettrica, fu scoperta dal fisico tedesco *Ohm* e viene perciò detta *Legge di Ohm.*

La stessa legge, considerando la formula $I = \frac{E}{R}$ può esprimersi anche così: *in ogni circuito elettrico l'intensità di corrente è direttamente proporzionale alla* f.e.m. *applicata ed inversamente proporzionale alla resistenza del circuito stesso.*

Infine la formula $E = R\,I$ può anche scriversi: $R = \frac{E}{I}$, cioè *la resistenza di un circuito elettrico è uguale al quoziente della* f.e.m. *applicata divisa per l'intensità della corrente che circola nel circuito considerato.*

Possiamo dunque dire che con le tre formule: $E = R\,I$ (1); $I = \frac{E}{R}$ (2); $R = \frac{E}{I}$ (3): la legge di Ohm ci permette di calcolare una qualunque delle tre caratteristiche di un circuito elettrico purchè si conoscano le altre due.

Le stesse tre formule ci permettono inoltre di definire le tre unità di misura, volt, ampère, ohm, rispettivamente così:

1° - Ponendo $R = 1$, $I = 1$ si ha $E = 1 \times 1$ cioè: *il volt è la f.e.m. che applicata agli estremi di un circuito avente la resistenza di un ohm, vi fa circolare la corrente di un ampère.*

2° - Ponendo $E = 1$, $R = 1$, si ha $I = \frac{1}{1} = 1$ cioè: *l'ampère è l'intensità della corrente che circola in un circuito avente la resistenza di un Ohm, agli estremi del quale venga applicata la* f.e.m. *di un volt.*

3° - Ponendo $E = 1$, $I = 1$, si ha $R = \frac{1}{1} = 1$ cioè: *l'ohm è la resistenza di quel circuito nel quale circola la corrente di un ampère quando ai suoi estremi viene applicata la* f.e.m. *di un volt.*

E' opportuno notare che la legge di Ohm si verifica qualunque siano i punti considerati in un circuito; così, per esempio, nel caso della figura 10 la legge è vera tanto fra i poli P e P' quanto fra due punti qualunque A e B del conduttore formante il circuito esterno.

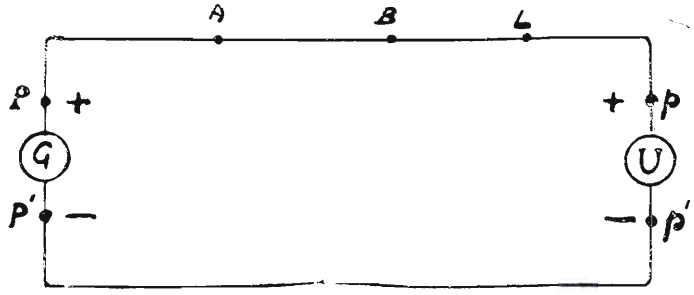


Fig. 10.

Se V è la differenza di potenziale fra i poli P e P' del generatore, R è la resistenza totale di tutto il circuito esterno ed I è la corrente circolante nel circuito, sarà perciò: $V = R\,I$.

Se invece v è la differenza di potenziale fra i due punti A e B, ed r è la resistenza del tratto di conduttore compreso fra i due punti considerati sarà:

$$v = r\,I$$

Osserviamo però che mentre esiste una f.e.m., quella del generatore G, che mantiene la differenza di potenziale V fra i poli P e p' non esiste alcuna f.e.m. fra i punti A e B.

E' necessario quindi stabilire perchè esista la differenza di potenziale v fra A e B; osserviamo anzitutto che se nel circuito non circola corrente, essendo $I = 0$, per la legge di Ohm, sarà anche $v = r \times I = r \times 0 = 0$.

Possiamo dunque affermare che questa differenza di potenziale v è provocata direttamente dal passaggio della corrente.

La stessa cosa non può dirsi della differenza di potenziale V poichè se non circola corrente nel circuito, ad esempio perchè l'interruttore L è aperto, è bensì vero che la corrente diventa $I = 0$, ma un circuito aperto può considerarsi come un circuito avente una resistenza praticamente infinita, ed in tal caso l'espressione $V = R \times I = \omega \times 0$ diventa indeterminata, cioè senza significato.

Sappiamo invece che anche nel caso del circuito aperto V continuerà ad avere un valore finito, dipendente dal valore della f.e.m. del generatore G il quale in tal caso si dice che *funziona a vuoto*.

La differenza di potenziale v si chiama *perdita di carico* o *caduta di tensione* fra i punti A e B e cercheremo di renderne chiaro il significato ricorrendo ancora una volta ad un esempio idraulico.

Sia S (fig. 11-A) un serbatoio d'acqua il quale alimenti, per differenza di livello, un certo numero di case poste a differenti distanze dal serbatoio ed indicate coi numeri 1, 2, 3.

Se tutti i rubinetti dell'impianto sono tenuti chiusi (A) per il principio dei vasi comunicanti l'acqua si dispone ovunque allo stesso livello.

Se invece i rubinetti vengono aperti (fig. 11-B), la pratica dimostra che mentre nella casa 1 l'acqua arriva, ad esempio, fino al 3° piano, nella casa 2 non arriva oltre il 2°, e nella terza non oltrepassa il 1°; in altre parole la forza o pressione dell'acqua diminuisce man mano che si allontana dal serbatoio S.

Questa perdita di pressione è dovuta semplicemente all'attrito che l'acqua incontra scorrendo nella tubolatura e quindi cresce se cresce la lunghezza del tubo percorso, e si annulla se l'acqua è ferma, come nel caso della fig. 11-A.

Se mediante l'apposito strumento detto *Voltmetro*, che studieremo a suo tempo, misuriamo a circuito aperto, ossia con l'interruttore i aperto, (fig. 10-A) la differenza di potenziale fra i punti A e B troviamo che essa è 0 come pure uguale a 0 troviamo la differenza di potenziale fra il polo P ed il punto A od il punto B.

Risulta cioè che tutti i punti del conduttore compreso fra P e l'interruttore i sono allo stesso potenziale elettrico e cioè al potenziale del polo P, come

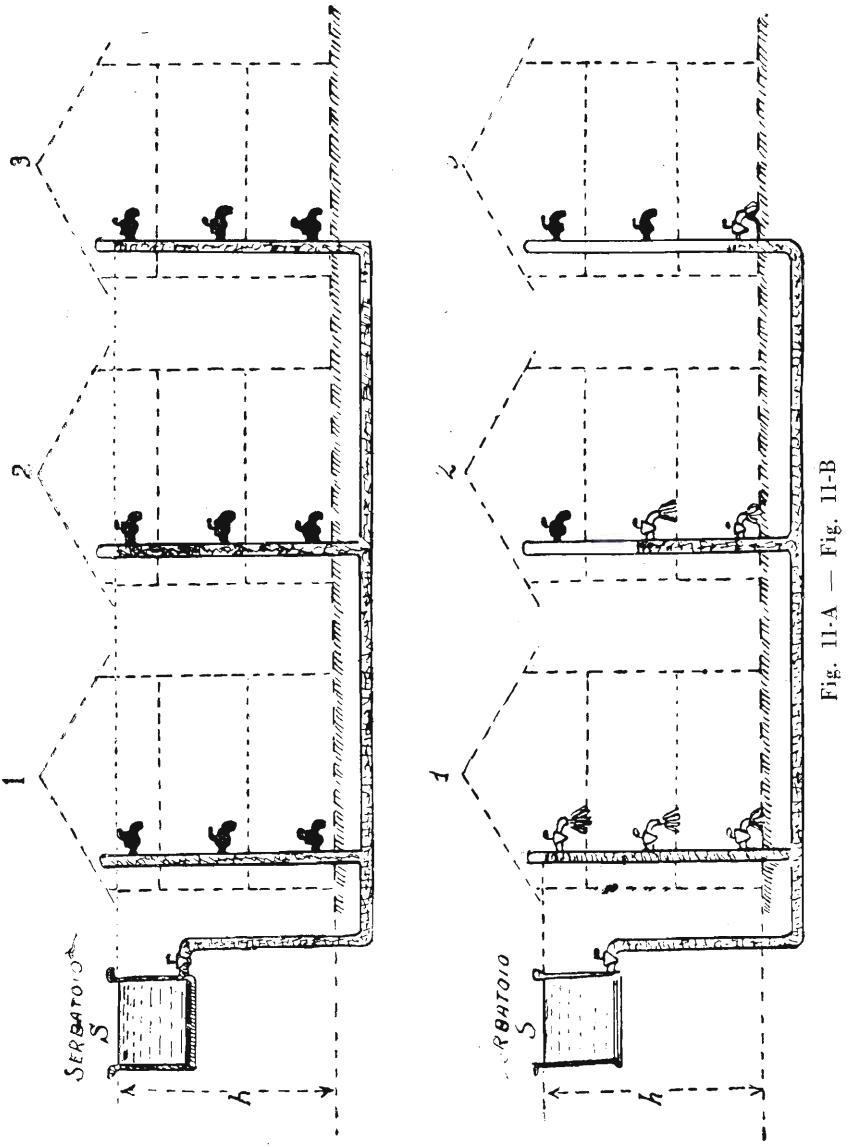


Fig. 11-A — Fig. 11-B

pure tutti i punti del conduttore compreso fra P' e i sono al potenziale del polo P'; fra i primi ed i secondi si misura una differenza di potenziale uguale alla f.e.m. del generatore.

Se invece misuriamo la differenza di potenziale fra i punti A e B, a circuito chiuso (fig. 12-B) verifichiamo che essa ha un valore finito v, e verifi-

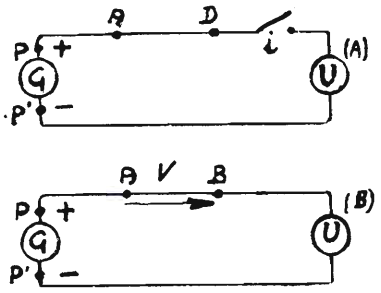


Fig. 12.

chiamo anche che v aumenta se si aumenta il tratto di conduttore interposto fra A e B scegliendo due punti più lontani; inoltre è possibile stabilire che partendo, ad esempio, dal polo positivo P e percorrendo tutto il circuito nel senso della corrente, il potenziale dei vari punti del conduttore e dell'utente formanti il circuito, diminuisce man mano che ci si allontana dal polo P fino a raggiungere il potenziale del polo negativo P' quando avremo percorso tutto il circuito.

In sostanza quindi avviene qualcosa di analogo a quanto abbiamo visto nella fig. 11; a causa dell'*attrito* che l'elettricità in moto incontra per la resistenza del conduttore, il potenziale *cade* e tanto più *cade* quanto maggiore è il percorso fatto e quanto maggiore è la resistenza incontrata.

Succede così in pratica, nelle reti di distribuzione dell'energia elettrica, che agli utenti viene applicata una differenza di potenziale sempre minore, sia pure di poco, della differenza di potenziale esistente ai poli del generatore, e la diminuzione di tensione aumenta con l'aumentare della lunghezza del circuito alimentatore.

Se infine misuriamo a circuito chiuso la differenza di potenziale esistente fra i poli P e P', troviamo un valore V inferiore a quello che si trovava eseguendo la stessa misura a circuito aperto.

Questa diminuzione della tensione ai poli, cui avevamo già accennato nel § 4 parlando di f.e.m. e d.d.p., dipende dal fatto che quando il circuito

è chiuso la corrente circola anche nel circuito interno, ossia nel generatore G, ed offrendo anche questo circuito una certa resistenza detta appunto *resistenza interna*, ha luogo una caduta di potenziale il cui effetto è quello di abbassare la tensione ai poli del generatore.

In altre parole, quando il generatore funziona a vuoto, la differenza di potenziale ai poli è uguale alla f.e.m.; mentre quando il circuito esterno è chiuso e circola corrente, la tensione disponibile ai poli è data dalla f.e.m. diminuita della caduta interna di potenziale, ossia:

$V = E - R_i I$ dove con E si indica la f.e.m. del generatore e con R_i si indica la resistenza interna del medesimo.

La formula precedente può anche scriversi:

$$E = V + R_i I$$ ma siccome sappiamo già essere:

$V = R I$ avremo anche:

$$E = R I + R_i I$$

Questa relazione esprime la legge di Ohm applicata ad un circuito chiuso la quale può essere enunciata così:

In un circuito chiuso nel quale circoli corrente, la f.e.m. generata dal generatore è uguale alla somma della caduta di potenziale esterna più la caduta di potenziale interna.

Alla legge di Ohm è possibile però dare un significato più generale come adesso vedremo.

Si abbia, ad esempio, un tratto di circuito A B (fig. 13) di resistenza R le cui estremità siano mantenute ai potenziali V_a e V_b da una sorgente elettrica qualsiasi (il che equivale a dire che agli estremi del tratto A B viene applicata la differenza di potenziale $V_a - V_b$), e nel punto C si supponga applicata una f.e.m. *e* generata dal generatore G.

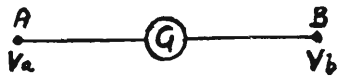


Fig. 13.

Si convenga inoltre di assumere come senso positivo, sia per le forze elettromotrici, come per le correnti, quello da A verso B.

La legge di Ohm applicata in questo caso ci permette di scrivere: $V_a - V_b + e = R I$ ed anche $V_a - V_b = R I - e$ ossia in generale: *La somma delle forze elettromotrici agenti in un tratto di circuito elettrico, è uguale al prodotto della corrente totale moltiplicata per la resistenza del tratto di circuio considerato.*

La corrente totale I che circolerà nel conduttore A B avrà per intensità la somma delle intensità delle due correnti che circolerebbero separatamente per effetto della differenza di potenziale V_a V_b della forza elettromotrice *e*.

L'intensità della corrente totale I rappresenta però la *somma algebrica* delle intensità delle due correnti se esse hanno lo stesso senso ed avrà essa pure il loro medesimo senso; avrà invece un valore uguale alla differenza delle intensità delle due correnti se esse avranno senso contrario ed avrà in tal caso il senso di quella delle due che ha maggiore intensità.

Per rendere più chiaro tutto ciò esaminiamo i vari casi che possono presentarsi in pratica a seconda dei valori e delle direzioni delle f.e.m. *e* delle correnti.

a) Se $V_a > V_b$ (1) ed *e* è positivo (secondo la convenzione già fatta), I risulta positiva ossia diretta da A verso B.

b) Se $V_a > V_b$ ed *e* è negativo si presentano due casi:

1° - La f.e.m. *e* è maggiore della differenza di potenziale $V_b - V_a$ ed allora I risulta negativa avendo perciò la stessa direzione di *e*.

2° - La differenza di potenziale $V_a - V_b$ è maggiore della f.e.m. *e* ed allora I è positiva; in quest'ultimo caso la f.e.m. *e* avente senso contrario alla corrente, si chiama *forza controelettromotrice* (f.c.e.m.).

c) Se $V_a < V_b$ ed *e* è positiva si presentano ancora due casi:

1° - La f.e.m. *e* è minore della differenza di potenziale $V_b - V_a$ ed allora I è negativa e perciò *e* prende ancora il nome di f.c.e.m.

2° - La f.e.m. *e* è maggiore della differenza di potenziale $V_b - V_a$ ed allora I è positiva.

d) Se $V_a < V_b$ ed *e* è negativa anche I è negativa.

§ 9 — **Campioni e cassette di resistenza, reostati**

Vedremo in seguito nel capitolo 11° che molte misure elettriche, come in genere tutte le misure, si fanno paragonando le grandezze da misurare con altre grandezze già conosciute, dette *campioni*.

A tale scopo vengono costruiti, per uso di laboratorio, dei *campioni dell'ohm* ossia delle resistenze esattamente calcolate di tale valore o di valore multiplo o sottomultiplo dell'ohm, le principali caratteristiche delle quali debbono essere l'esattezza e l'inalterabilità a tutte le cause esterne, compresa la variazione di temperatura.

---

(1) I segni $>$ ed $<$ significano rispettviamente « maggiore di » e « minore di ».

Questi campioni dell'ohm si possono costruire in base alla stessa definizione dell'ohm ed infatti il campione definito al Congresso di Chicago (1893) è costruito da una colonna di mercurio dell'altezza di 106,3 cm. e della sezione di 1 mm.^{2} corrispondente alla massa di gr. 14,4521 alla temperatura del ghiaccio fondente.

E' evidente però come un campione così fatto si presti meglio agli usi dei laboratori scientifici di precisione che non agli usi industriali.

Per questo ultimo scopo si preferisce quindi costruire le resistenze campioni con filo di *manganina* che è una lega di rame contenente il 12,2 % di manganese ed il 40 % di nichelio, avente la proprietà di mantenere praticamente invariato il valore della propria resistenza al variare della temperatura.

Generalmente il filo di manganina è protetto da una doppia rivestitura di seta ed avvolta a spirale su cilindri metallici forati per consentire un rapido disperdimento del calore prodotto dal passaggio della corrente.

Alla estremità del filo sono saldate grosse barrette di rame di resistenza praticamente trascurabile, sulle quali sono fissate le prese di corrente.

Quando il valore della resistenza del campione è molto basso, inferiore al decimo dell'ohm, per non introdurre degli errori sensibili nei collegamenti, le sbarrette di rame sono curvate in modo da poterle immergere in appositi pozzetti di mercurio costituenti le prese di corrente (fig. 14).

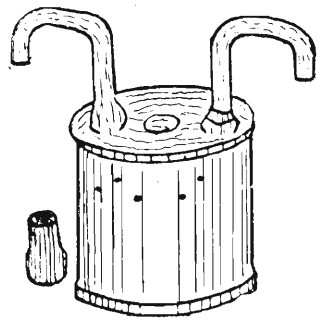


Fig. 14.

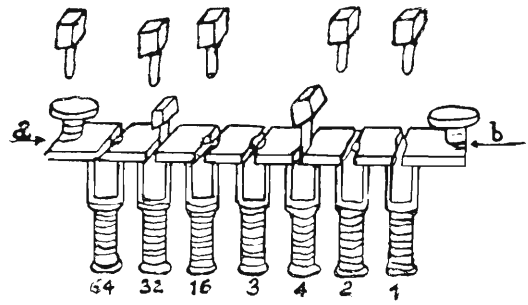


Fig. 15.

I campioni in genere, dopo essere stati accuratamente essicati e laccati, vengono chiusi in scatole metalliche munite di forellini che permettono la libera circolazione dell'aria per agevolare il raffreddamento.

Nella pratica però occorre spesso di avere disponibili valori di resistenza variabili a seconda dei bisogni, ed allora si ricorre alle *cassette di resistenza* di cui un tipo è indicato nella figura 15.

Esso è costituito da una serie di spirali di manganina perfettamente tarate e costruite come il campione già descritto, ciascuna delle quali ha gli estremi saldati ad una serie di blocchetti di rame o di ottone fissati al coperchio di ebanite della cassetta di legno che racchiude lo strumento.

Ai blocchetti estremi sono fissati due grossi serrafili per il collegamento col circuito.

Fra i blocchetti consecutivi si possono introdurre apposite spine di ottone a grossa sezione con le quali è facile escludere ciascuna delle resistenze parziali mettendone in corto circuito gli estremi.

In tal modo il valore totale della resistenza compresa fra i due serrafili è dato dalla somma di tutte le resistenze parziali non cortocircuitate con le spine, considerando trascurabile la resistenza di quest'ultime .

I valori delle singole resistenze sono scelti in modo da poterle combinare fra di loro in guisa da realizzare una serie crescente di valori della resistenza totale, da un minimo rappresentato dal valore della resistenza parziale minore, ad un massimo corrispondente alla somma di tutte le resistenze (tutte le spine tolte).

Le cassette di resistenza sono costruite per essere attraversate da correnti di piccola intensità quali si usano per le misure, ed inoltre non permettono di far variare la resistenza totale in modo continuo.

In molte applicazioni pratiche dell'elettricità che studieremo in altri capitoli, è necessario invece disporre di apparecchi capaci di offrire una resistenza variabile e facilmente regolabile da un massimo ad un minimo, e costruiti in modo da poter sopportare anche il passaggio di correnti di forte intensità.

Tali apparecchi, conosciuti col nome di *reostati*, sono costruiti in gran numero di tipi a seconda degli scopi che si vogliono raggiungere e del materiale impiegato nella fabbricazione.

In linea generale si possono suddividere in *reostati metallici* e *reostati a liquido* riferendosi appunto al materiale impiegato per costituire la resistenza.

I reostati metallici sono, nella maggior parte dei casi, costituiti da un conduttore metallico opportunamente isolato e posto in condizioni tali da permettere facilmente il disperdimento del calore provocato dal passaggio della corrente, e da dispositivi vari atti a permettere l'inclusione nel circuito di una lunghezza variabile di tale conduttore.

Sorvolando per ora su alcuni dispositivi speciali dei quali sono muniti alcuni reostati impiegati per il funzionamento delle macchine elettriche, descriviamo uno dei tipi più comuni di reostati.

Esso si compone (fig. 16) di alcune spirali di conduttore resistente, ad esempio, di ferro o di argentana (lega di rame contenente il 25 % di zinco ed il 25 % di nikel), sostenute da un telaio di materiale isolante e riunite fra di loro in modo da formare un conduttore continuo.

Tutte le connessioni fra spirale e spirale poste su di uno stesso lato del telaio, sono collegate elettricamente ad una serie di piastrine metalliche fissate a semicerchio su di una base isolante.

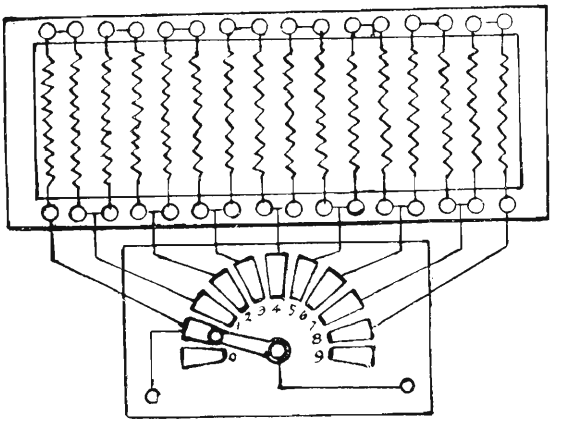


Fig. 16.

Una leva girevole, intorno al centro del semicerchio formato dalle piastrine porta un contatto strisciante sulle piastrine stesse.

Alla piastrina M ed alla leva girevole sono riuniti elettricamente due serrafili per il collegamento in circuito del reostato.

Dall'esame della figura si comprende che quando la leva girevole si trova sulla piastrina O il circuito è aperto, quando si trova sulla piastrina M il circuito è chiuso direttamente senza inclusione di filo resistente; quando si trova sulla piastrina 1 il circuito è chiuso attraverso le prime due spirali, ecc. In sostanza noi potremo far variare la resistenza totale del reostato, spostando la leva da sinistra a destra, da 0 (posizione M) ad un massimo (posizione 8) equivalente alla resistenza di tutto il filo resistente col quale sono costruite le spirali.

Questo tipo di reostato si costruisce nell'industria in una delle forme indicate nella fig. 17 proteggendo spesso le spirali resistenti dagli urti e dai contatti con un involucro costruito generalmente in lamierino bucherellato, allo scopo di permettere la libera circolazione dell'aria per il raffreddamento delle spirali.

Un altro tipo di reostato metallico, più indicato per piccole intensità di corrente è quello mostrato in fig. 18; si compone di un filo resistente avvolto

a spirale intorno ad un cilindro di materiale isolante, sul quale striscia un contatto portato da un corsoio spostabile lungo il cilindro.

Un capo del filo resistente è in comunicazione col serrafili *a* mentre l'altro è isolato; il serrafili *b* invece, è in comunicazione col corsoio scorrevole.

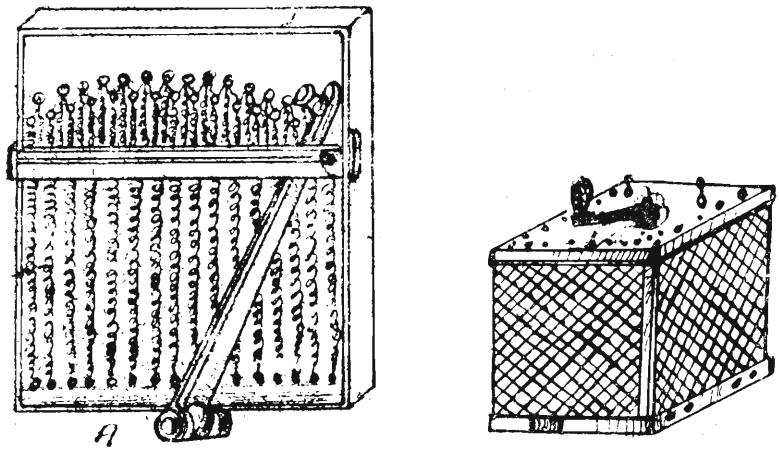


Fig. 17.

A seconda della posizione di quest'ultima varia la lunghezza di filo resistente inclusa fra i serrafili *a* e *b*, variando di conseguenza la resistenza del reostato.

Sovente, nei reostati destinati ad essere attraversati da forti intensità di corrente, le spirali resistenti sono immerse in olio per rendere più agevole il raffreddamento.

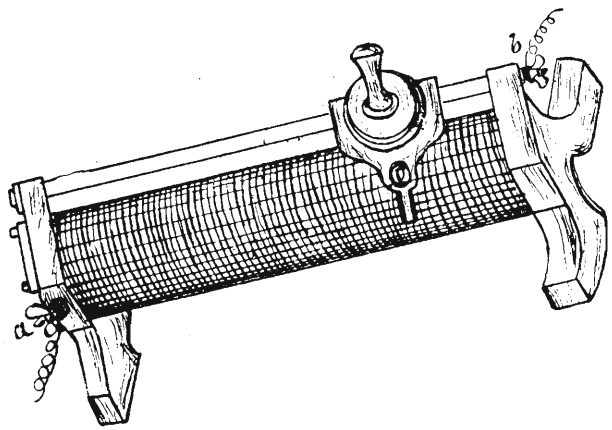


Fig. 18.

I reostati a liquido si compongono essenzialmente di due elettrodi, costituiti generalmente da due piastre di ferro, immersi in una soluzione acquosa di un sale (solfato di zinco, soda, ecc.) e di un dispositivo che permetta di variare la superficie immersa degli elettrodi, oppure la distanza fra essi.

La resistenza vera e propria è rappresentata dalla colonna di liquido compresa fra gli elettrodi, della quale è possibile, come abbiamo detto, variare la lunghezza e la sezione, e quindi la resistenza.

Il liquido resistente è contenuto in un recipiente sul quale è anche fissato il dispositivo di sostegno degli elettrodi.

Nella fig. 19 sono rappresentati schematicamente i due tipi di reostati a liquido; nel primo (fig. 19-A) la variazione della resistenza è ottenuta spostando opportunamente la piastra *a* sostenuta da un attacco scorrevole; nel secondo (fig. 19-B), è ottenuta invece immergendo più o meno nel liquido le due piastre A e B sostenute dalla leva isolante L girevole intorno al punto O.

Le soluzioni acquose più usate nei reostati a liquido sono quelle di solfato di zinco, soda, acido solforico, cloruro di sodio.

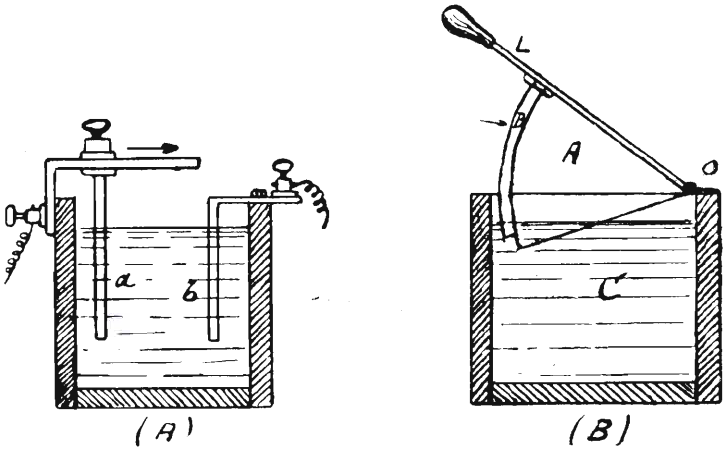


Fig. 19.

Vedremo più avanti, studiando gli effetti chimici della corrente elettrica, perchè i reostati a liquido sieno usati generalmente per correnti alternate.

Iniziando la descrizione dei reostati, abbiamo detto che essi sono apparecchi capaci di offrire alla corrente elettrica una resistenza variabile e facilmente regolabile; vediamo ora come tale proprietà dei reostati venga utilizzata nei circuiti elettrici.

Si abbia (fig. 20) un apparecchio utilizzatore A e si disponga di due fili di alimentazione fra i quali esista la differenza di potenziale di 200 V; si supponga inoltre che l'apparecchio utilizzatore A sia stato costruito per una tensione di 150 V ed una corrente di 15 Ampère, avendo perciò una resistenza di $\frac{150}{15} = 10$ Ohm.

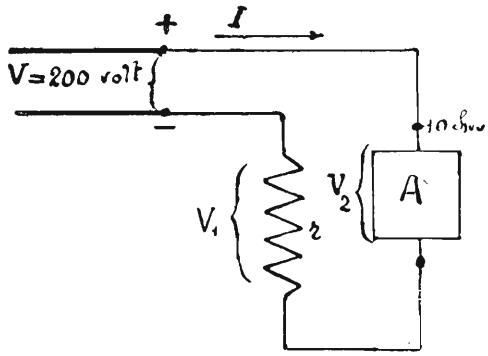


Fig. 20.

Evidentemente noi non potremo senz'altro unire i due fili di alimentazione con i morsetti dell'apparecchio utilizzatore, ma dovremo prima ridurre la tensione da 200 a 150 V.

Dobbiamo cioè produrre una *caduta di tensione* di 200 — 150 = 50 V per mezzo di una resistenza *r* (1) attraversata da una corrente di 15 Ampère; per calcolare questa resistenza basterà applicare la legge di Ohm:

$$r = \frac{V}{I} \text{ ossia } r = \frac{50}{15} = 3,33 \text{ Ohm.}$$

Costruiremo quindi una resistenza del valore di 3,33 Ohm, e faremo in modo che la corrente, partendo dal polo + della linea ritorno al polo — dopo aver attraversato sia la resistenza *r* che l'apparecchio utilizzatore A; usando tale disposizione, che è quella appunto indicata nella figura 20, si dice che la resistenza *r* e l'apparecchio utilizzatore A sono *in serie* fra di loro.

In generale, due o più apparecchi elettrici si dicono collegati elettricamente in serie, appunto quando essi sono disposti in uno stesso circuito in

(1) In tutti gli schemi elettrici le resistenze si indicano convenzionalmente con un tratto a zig-zag, così come in fig. 20.

modo da essere attraversati tutti quanti, successivamente, dalla stessa intensità di corrente.

Richiamandoci a quanto dicemmo a proposito della legge di Ohm applicata ad un circuito chiuso, osserviamo che nel caso della figura 20, la tensione esistente agli estremi della linea di alimentazione (V = 200 V) è uguale alla somma delle due cadute di potenziale che si verificano nella resistenza *r* (v_1 = 3,33 × 15 = 50 Volt) e nell'apparecchio utilizzatore A, (v_2 = 10 × 15 = 150 Volt); infatti è facile verificare che $V = v_1 + v_2$.

Cogliamo l'occasione per far osservare che avendo più apparecchi elettrici in serie (fig. 21) la somma delle cadute di tensione che si verificano in ciascuno di essi è uguale alla tensione che alimenta il circuito; cioè: $V = R_1 I + R_2 I + R_3 I + R_4 I$.

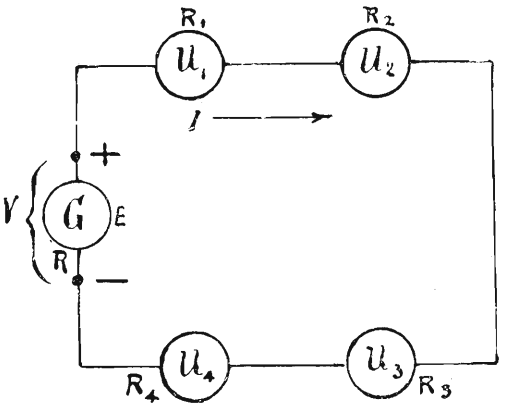


Fig. 21.

Sappiamo però che la tensione di alimentazione V è uguale alla f.e.m. del generatore diminuita della caduta di tensione interna, ossia: V = E — R I, *dove si indica con R la caduta di potenziale interna del generatore.*

Nell'espressione precedente possiamo dunque sostituire a V il suo valore, ed abbiamo: $E - R I = R_1 I + R_2 I + R_3 I + R_4 I$ ossia: $E = R I + R_1 I + R_2 I + R_3 I + R_4 I$.

Questa espressione ci permette di enunciare la legge di Ohm, applicata ad un circuito chiuso nel quale siano inseriti diversi apparecchi di utilizzazione, nel seguente modo: *In un circuito chiuso comprendente vari apparecchi elettrici in serie la f.e.m.* (o la somma delle f.e.m., se ve ne sono diverse) *fa equilibrio alla somma di tutte le cadute di potenziale* (interne nei generatori, esterne negli apparecchi utilizzatori).

Nel secondo membro di questa espressione, tutti i termini sono moltiplicati per il fattore I; possiamo quindi raccogliere a fattore comune e scrivere ancora: $E = (R + R_1 + R_2 + R_3 + R_4) I$.

Il che significa che *in un circuito chiuso comprendente vari apparecchi elettrici in serie, la* f.e.m. *applicata è uguale al prodotto della intensità di corrente moltiplicata per la somma delle resistenze dei singoli apparecchi generatori ed utenti.*

Si noti che sia nel caso della fig. 20 come in quella della fig. 21 si è considerata trascurabile la resistenza offerta dai conduttori che servono a collegare i vari apparecchi. Ove ciò non fosse lecito bisognerebbe aggiungere alle varie cadute di potenziale anche quella prodotta dalla resistenza dei conduttori.

Occupiamoci adesso, dopo averne descritti i vari tipi e la loro funzione nei circuiti elettrici, del calcolo dei reostati.

Nel caso della figura 20 non occorreva un reostato vero e proprio, ma una semplice resistenza addizionale, di valore fisso; come già dicemmo, in pratica occorre spesso, invece, poter variare a piacere la tensione disponibile allo scopo di far assorbire ad un dato apparecchio di utilizzazione una corrente e quindi una potenza più o meno grande.

Si tratta in sostanza di ripetere il ragionamento fatto nel caso della fig. 20, per diversi valori di corrente anzichè per uno solo.

Supponiamo ad esempio che, riferendosi sempre allo stesso caso, si voglia far assumere alla corrente che circola nell'apparecchio A, successivamente i valori di 1, 2, 5, 10, 15 A.

Dovremo quindi costruire un reostato con cinque regolazioni avente una resistenza minima di 0,33 Ohm; calcoliamo i valori delle resistenze delle singole spirali che dovranno costituire il reostato (fig. 22).

Sappiamo già che la spirale B dovrà avere un valore $r_b = 3{,}33$ Ohm; quando la leva M del reostato sarà sul contatto b avremo infatti in serie fra loro l'apparecchio A e la spirale B e quindi una resistenza complessiva di: $10 + 3{,}33 = 13{,}33$ Ohm, e poichè per la legge di Ohm $I = \frac{V}{R}$ avremo: $I = \frac{200}{13.3} = 15$ A, come ci eravamo proposti.

Allorchè la leva M sarà sul contatto *c* la corrente totale dovrà essere 10 Ampère, ossia la resistenza complessiva dovrà essere: $R = \frac{200}{10} = 20$ Ohm e poichè la spirale B e l'apparecchio A rappresentano complessivamente una resistenza di 13,3 Ohm, la resistenza della spirale C dovrà essere $r_c = 20 - 13{,}3 = 6{,}67$ Ohm.

Analogamente con la leva M sul contatto *d* dovremo avere:

$R = \frac{200}{5} = 40$ Ohm e quindi $r_d = 40 - 20 = 20$ Ohm.

Con la leva M sul contatto *e* dovremo avere $R = \frac{200}{2} = 100$ Ohm e quindi $r_e = 100 - 40 = 60$ Ohm.

Infine con la leva sul contatto *f* dovrà essere $R = \frac{200}{1} = 200$ Ohm e quindi $r_f = 200 - 100 = 100$ Ohm.

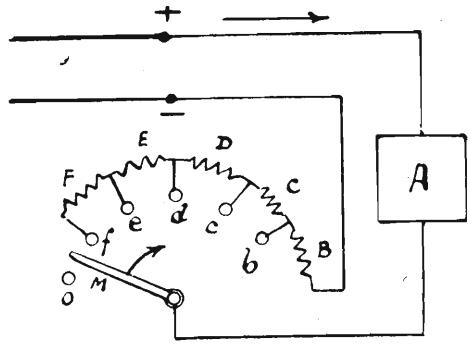


Fig. 22.

Ricapitolando dunque i valori delle singole resistenze debbono essere rispettivamente:

$r_b = 3{,}33$ Ohm. $\qquad r_e = 60{,}00$ Ohm.

$r_c = 6{,}67$ » $\qquad r_f = 100{,}00$ »

$r_d = 20{,}00$ »

Si tratta ora di stabilire il materiale, la forma, la sezione e la lunghezza dei conduttori da impiegare per formare le resistenze.

A tale scopo si usano generalmente conduttori di ferro oppure di leghe metalliche speciali, quali: la Costantana, la Nichelina, il Reotano, l'Argentana, la Kruppina, il Nicromo, ed altre; di ognuno di questi materiali, la tabella n. 1 fornisce la resistenza specifica ed il coefficente di temperatura.

E' possibile quindi, una volta scelto il materiale, calcolare la sezione e la lunghezza delle singole resistenze, applicando la formula $R = K \frac{l}{s}$ che si può scrivere anche in una delle due maniere seguenti:

$$s = K \frac{l}{R} \qquad\qquad l = s \frac{R}{K}$$

Allo scopo però di facilitare il calcolo dei reostati, si costruiscono sperimentalmente delle tabelle (vedi tabelle seguenti nn. 2, 3, 4, 5, 6, 7) che forniscono tutti i dati utili per ognuno dei materiali suddetti.

I conduttori per resistenze si costruiscono in filo ed in piattina (nastro); vedremo più avanti che alcuni di questi conduttori si impiegano anche nelle applicazioni termoelettriche per la costruzione delle resistenze di riscaldamento.

Intanto è necessario ricordare, come già avevamo accennato e come studieremo più avanti, che il passaggio di corrente nei conduttori ne determina il riscaldamento; la quantità di calore che si svolge è proporzionale alla resistenza ed al quadrato dell'intensità di corrente.

La temperatura del conduttore, dunque, appena comincia a circolare la corrente tende ad elevarsi, ma contemporaneamente ha inizio uno scambio di calore con l'ambiente circostante tanto più intenso quanto maggiori sono la superficie del conduttore e la differenza di temperatura fra conduttore ed ambiente; la temperatura del conduttore quindi cresce finchè la quantità di calore generato dalla corrente uguaglia quello che si disperde.

In pratica quindi, una volta stabilito il valore di una resistenza, si calcolano le dimensioni del conduttore (forma, sezione, lunghezza), in modo che la temperatura non sorpassi un certo limite consigliato dalla necessità di non deteriorare troppo rapidamente il materiale e di non sprecare in calore una potenza elettrica eccessiva.

Per garantire un rapido smaltimento del calore, si usa, come abbiamo già detto, fare gli involucri dei reostati bucherellati od addirittura immergere le spirali nell'olio; a parità di sezione i nastri metallici, o piattine, permettono un migliore raffreddamento dei conduttori cilindrici offrendo una maggiore superficie esterna.

Ricordiamo che in tutti i conduttori elettrici della prima categoria, eccettuato il carbone, l'aumento della temperatura determini un aumento della resistenza del quale dovrebbe essere tenuto conto nel calcolo dei reostati; però le leghe metalliche generalmente usate per la costruzione delle resistenze hanno un coefficiente di temperatura praticamente trascurabile.

La Costantana, ad esempio, è così chiamata perchè il suo coefficiente di temperatura è praticamente uguale a zero ed offre perciò una resistenza costante alla corrente elettrica.

Ritornando al caso pratico della figura 22, supponiamo di voler costruire le spirali di nichelina; ci serviremo quindi delle tabelle n. 2 e n. 5.

La resistenza r_b = 3,33 Ohm deve essere percorsa da una corrente massima di 15 Ampère; sceglieremo allora per costruirla della piattina di nichelina

delle dimensioni di mm. 0,210 la quale presenta una resistenza di 0,24 Ohm per metro (tabella n. 5).

Per fare 3,33 Ohm ne occorreranno dunque metri $\frac{3,33}{0,24} = 14$

analogamente:

r_c = 6,67 Ohm per 10 A, piattina mm. 0,1 × 10

Ohm 0,48 per metro, occorrono metri $\frac{6,67}{0,48} = 13,90$

r_d = 20 Ohm per 5 A. piattina mm. 0,1 × 5

Ohm 0,96 per metro, occorrono metri $\frac{20}{0,96} = 20,80$

r_e = 60 Ohm per 2 A. piattina mm. 0,1 × 3

Ohm 1,60 per metro, occorrono metri $\frac{60}{1,6} = 37,50$

r_f = 100 Ohm per 1 A. piattina mm. 0,1 × 3

Ohm 1,60 per metro, occorrono metri $\frac{100}{1,60} = 62,50$

Per accorciare la resistenza r si può usare, invece della piattina, del filo di nichelina del diametro di mm. 0,4 che presenta una resistenza di 3,18 Ohm per metro (tabella n. 2); ne occorrono perciò metri $\frac{100}{3,10} = 31,90$.

Si noti che man mano che aumentava nelle successive spirali la resistenza richiesta e diminuiva invece la corrente massima, si sono scelte sezioni sempre minori di nichelina, e ciò allo scopo di impiegare minor quantità di metallo rendendo così la costruzione più economica.

I fili e le piattine quando sono molto sottili si avvolgono su cilindri di materiale isolante (amianto, mica, porcellana, ecc.) mentre con quelli di maggiori dimensioni si fanno semplicemente delle spirali in aria fissate alle estremità su sostegni isolanti.

Vediamo adesso come si procede per determinare le dimensioni dei reostati a liquido.

Volendo costruire un reostato del tipo indicato nella fig. 19-A occorre stabilire la superficie delle piastre, il valore massimo e quello minimo della resistenza.

Supponiamo, per esempio, di voler costruire un reostato con elettrodi di ferro immersi in soluzione di cloruro di sodio al 5 % avente una resistenza massima di 3 Ohm e minima di 0,5 Ohm, e nel quale debba circolare una corrente massima di 6 Ampère.

Normalmente le dimensioni delle piastre sono scelte in modo da non

superare i 3 o 4 Ampère per dm^2. di superficie di elettrodo; nel nostro caso dunque occorreranno piastre di 200 cm^2.

Dalla tabella n. 7 ricaviamo che la resistenza della soluzione al 5 % di cloruro di sodio è $\rho = 15{,}00$ Ohm; applichiamo allora la formula generale $R = \rho \frac{l}{s}$ che porremo sotto la forma $l = R \frac{s}{\rho}$.

Sostituendo a R la resistenza massima e minima del reostato in Ohm, ad *s* la superficie delle piastre in $cm.^2$ ed a ρ il suo valore, otterremo rispettivamente le distanze in cm. massima e minima alle quali dovranno trovarsi le piastre nei due casi:

$$l = R \frac{s}{\rho} = 3 \quad \frac{200}{15{,}00} = 40 \text{ cm. distanza massima.}$$

$$l = R \frac{s}{\rho} = 0{,}5 \frac{200}{15{,}00} = 6{,}65 \text{ cm. distanza minima.}$$

Se avessimo voluto invece costruire il reostato del tipo indicato in figura 19-B, sarebbe bastato fare il calcolo della distanza delle piastre, che non è variabile, per il valore minimo di resistenza, poichè con questo tipo di reostato è possibile sempre raggiungere una resistenza infinita sollevando completamente gli elettrodi dal liquido.

Adottando elettrodi della stessa superficie, anche in questo caso, naturalmente, la distanza delle piastre risulterebbe la stessa di prima, cioè cm. 6,65.

Mentre i reostati metallici si usano in tutte le più svariate applicazioni, i reostati a liquido vengono principalmente impiegati per la messa in moto dei motori a corrente alternata.

Nella generalità dei casi, perciò, essi rimangono sotto corrente per brevissimo tempo, ed appena compiuto l'avviamento sono messi in corto circuito per mezzo di dispositivi speciali. Ricordiamo che la resistenza dei liquidi, i quali sono conduttori della seconda categoria, aumenta con l'aumentare della temperatura.

Si costruiscono anche grandi resistenze regolabili a liquido per le prove di laboratorio delle macchine elettriche.

TABELLA II.

Resistenza per reostati di Costantana, Nichelina e Reotano in fili

Diametro	Sezione	Resistenza in Ohm per metro			Peso per metro corrente gr.
		Costantana K = 0,50	Nichelina K = 0,48	Reotano K = 0,526	
0,05	0,00196	250	204	240	0,017
0,07	0,00384	126	104	123	0,033
0,10	0,00785	62,0	51,0	60	0,068
0,15	0,0177	27,4	22,6	26,8	0,15
0,20	0,0314	15,5	12,7	15,1	0,27
0,40	0,126	3,85	3,18	3,76	0,10
0,60	0,283	1,70	1,42	1,68	2,50
0,80	0,503	0,965	0,794	0,942	4,40
0,85	0,562	0,864	0,712	0,843	4,90
0,90	0,636	0,763	0,628	0,744	5,50
0,95	0,713	0,680	0,561	0,664	6,20
1,00	0,785	0,618	0,509	0,603	6,80
1,50	1,767	0,275	0,226	0,268	15,00
2,00	3,142	0,155	0,126	0,151	27,00
2,50	4,909	0,0988	0,0815	0,0964	43,00
3,00	7,07	0,0686	0,0567	0,0670	61,00

Composizione delle leghe

Costantana: 58 % rame, 1 % manganese, 41 % nichel

Nichelina: 61,6 % rame, 0,18 % manganese, 25,1 % nichel, 19,67 % zinco, 0,24 % ferro

Reotano: 53,28 % rame, 16,89 % zinco, 25,31 % nichel, 4,46 % ferro, 0,37 % manganese.

TABELLA III.

Resistenza di Argentana e Ferro in fili

Diametro in mm.	Sezione in mm.²	Superficie in d.n.² del filo per lunghezza 1 metro	ARGENTANA K = 0,314			FERRO K = 0,13		
			Lunghezza in metri al Kg.	Peso in Kg. per 100 mm.	Resistenza in Ohm per 1 m.	Lunghezza in metri al Kg.	Peso in Kg. per 100 m.	Resistenza in Ohm per 1 m.
0,50	0,196	0,157	583	0,168	1,60	675	0,148	0,699
0,60	0.283	0,138	411	0,213	1,11	466	0,215	0,492
0,70	0,385	0,220	300	0,330	0,816	342	0,282	0,365
0,80	0,503	0,252	231	0,432	0,62	264	0,380	0,275
0,90	0,636	0,283	182	0,547	0,49	207	0,485	0,220
1 —	0,785	0,314	148	0,675	0,40	168	0,595	0,178
1,20	1,131	0.375	100	1,100	0,27	117	0,855	0,122
1,40	1,539	0,440	73,50	1,379	0,204	86	1,165	0,091
1,60	2,009	0,503	56,25	1,780	0,15	66	1,515	0,069
1,80	2,545	0,565	44 —	2,274	0,12	53	1,890	0,055
2 —	3,141	0,630	36 —	2,701	0,10	42	2,390	0,044
2,20	3,801	0,690	29,40	3,357	0,083	35	2,855	0,036
2,40	4,524	0,755	25 —	3,986	0,069	29	3,450	0,030
2,60	5,309	0,815	21 —	4,640	0,059	24	4,180	0,026
2,80	6,158	0,888	18,45	5,420	0,051	21	4,780	0,023
3 —	7,070	0,942	15,90	6,300	0,045	19	5,260	0,018
3,20	8,080	1,020	13,95	7,180	0,039	16	6,250	0,016
3,50	9,620	1,100	11,66	8,615	0,033	14	7,150	0,013
3,80	11.350	1,195	9,89	10,150	0,028	12	8,350	0,011
4 —	12,570	1,260	8,93	11,200	0,025	10,5	9,520	0,010
4,20	13,900	1,320	8,09	12.385	0,023	9,6	10,400	0,009
4,50	15,900	1,410	7,05	14,200	0.0198	8,4	11,90	0,008
4,80	18,100	1,510	6,20	16,150	0,0173	7,3	13,70	0,007
5 —	19,640	1,570	5,71	17,550	0,016	6,7	14,90	0,006

Composizione dell'Argentana

60,16 % Rame - 25,37 % Zinco - 14,03 % Nichel - 0,3 % Ferro

TABELLA IV.

Resistenza Kruppina in fili.

Diametro mm.	Sezione mm^2	Peso per metro gr.	Lunghezza per Kg. mm.	Resistenza per metro ohm	Lunghezza per ohm m.
0,5	0,196	1,588	629,7	4,343	0,230
0,75	0.442	3,581	279,3	1,926	0,519
1,00	0,785	6,360	157,2	1,084	0,922
1,25	1.227	9,941	100.6	0,6938	1,441
1,50	1,767	14,32	69.8	0,4818	2,076
1,75	2,405	19,49	51,3	0,3540	2,825
2,00	3.142	25,46	39,3	0,2709	3,691
2,25	3.976	32,21	31,0	0,2141	4,671
2,50	4,909	39,77	25,1	0,1734	5.767
2.75	5.940	48.13	20,8	0,1433	6.970
3,00	7,069	57,27	17,5	0,1205	8.303
3,50	9.621	77.95	12,8	0,08848	11,302
4,00	12,57	101.84	9,8	0.06772	14,766
4,50	15,90	128,82	7,8	0,05354	18.677
5,00	19.64	159.12	6,3	0,04335	23,071

TABELLA V.

Resistenza dei nastri di Ferro, Argentana, Nichelina.

Spessore nastro mm.	Larghezza nastro mm.	Sezione mm.²	Ferro K. 0,23			Argentana K. 0,314			Nichelina K. 0,48		
			ohm per metro	metri per ohm	intensità normale	ohm per metro	metri per ohm	intensità normale	ohm per metro	metri per ohm	intensità normale
0.1	3	0.3	0.432	2.5	5.5	1.05	0.95	4.1	1.60	0.62	3
	5	0 5	0.26	3.8	9	0.63	1.59	7	0.96	1.04	5
	10	1	0.13	7.7	18	0.314	3.19	14	0.48	2.08	10
0.2	3	0.6	0.217	4.60	7.7	0.52	1.92	6	0.80	1.25	4
	5	1	0.13	7.70	13.6	0.314	3.19	10	0.48	2 08	7
	10	2	0.065	15.4	26	0.157	6 37	20	0.24	4.17	14
0.3	3	0.9	0.144	6.95	9.5	0.35	2.86	7	0.53	1.89	5 2
	5	1.5	0.087	11.50	16	0.209	7.48	12	0.32	3.13	8.6
	10	3	0.043	23.30	32	0.105	9.50	24	0.160	6.20	17.3
0.4	3	1.2	0.108	9.25	11	0.262	3.92	8	0.40	2.50	6
	5	2.0	0.065	15.40	18	0.157	6.37	14	0.24	4.17	10
	10	4.0	0.032	31.30	37	0.078	12.80	28	0.12	8.33	20
0.5	3	1.5	0.087	11.50	12	0.209	4.78	9	0.32	3.13	6.7
	5	2.5	0.052	19.20	20	0.126	7.95	15	0.19	5.27	11.2
	10	5	0.026	38.50	41	0.063	15.90	31	0.096	10.40	22.4
0.6	3	1.8	0.072	13.90	13	0.174	5.75	11	0.27	3.70	7.3
	5	3	0.043	23.10	22	0.105	9.50	18	0.16	6.25	12.2
	10	6	0.022	45.50	45	0.053	18.90	36	0.08	12.50	24.4
0.8	3	2.4	0.054	18.50	16	0.131	7.65	12	0.20	5	8.5
	5	4	0.032	31.30	26	0.078	12.80	20	0.12	8.33	14 1
	10	8	0.016	62.50	52	0.039	25.60	39	0.06	16 70	28.3
1.0	3	3	0.043	23.10	17	0.105	9.50	13	0.16	6.25	9.5
	5	5	0.026	38.50	29	0.063	15.90	22	0.096	10.40	15.8
	10	10	0.013	77	58	0.031	32.30	44	0.5	20.40	31.6

TABELLA VI.

Resistenza di Nikrome K = 0,998 α **= 0,00036**

FILO							PIATTINA			
Diametro mm.	Sezione mm²	Metri per Kg.	Resistenza in ohm per mm.	Portata in ampère			Piattina mm.			Metri per Kg.
				200″	400″	600″	larghezza	spessore	sezione	
0.100	0 0079	14963	123	0.19	0.30	0.43	0.79	0.079	0.0624	1878
0.113	0.0100	11876	98	0.22	0.45	0.60	0.79	0.089	0.0703	1675
0.127	0.0127	9595	78.5	0.30	0.60	0.80	0.79	0.100	0.0790	1509
0.160	0.0201	6039	49.5	0.50	0.80	1.00	0 79	0.127	0.1000	1187
0.203	0.0327	3744	30.5	0.60	1.00	1 30	0.79	0 135	0.107	987
0.254	0.0495	2395	20.0	0.80	1.30	1.70	0.79	0.160	0.126	896
0.287	0.065	1878	15.5	1.00	1.60	2.10	0.79	0.180	0.142	802
0 320	0.085	1509	12.5	1.10	1.80	2.30	0.79	0.200	0.158	744
0.360	0.100	1187	9.8	1.30	2.00	2.70	0.79	0.220	0.174	630
0.433	0.125	896	7.8	1.50	2.30	3.10	0.79	0.250	0.198	593
0.454	0.159	744	6.12	1.70	2.70	3.60	1.588	0.079	0.125	896
0.510	0.204	593	4.9	2.00	3 20	4.20	1.588	0.089	0.141	802
0.574	0.258	469	3.85	2.40	3.70	5.00	1.588	0.100	0.159	744
0.643	0.324	375	3.06	2.70	4.30	5.80	1.588	0.127	0.200	593
0.723	0.410	295	2.45	3.10	5.00	6.80	1.588	0.135	0.214	537
0.810	0.515	234	1.95	3.60	5.80	8.00	1.588	0.160	0.257	469
0.911	0.650	135	1.52	4.20	6.70	9.30	1.588	0.180	0.286	444
1.023	0.825	142	1.23	4.80	7.80	11.0	1.588	0.200	0.318	375
1.290	1.305	92	0.76	6.50	10.7	15.1	1.588	0.220	0.350	328
1.450	1.650	74	0.60	7.60	12.5	17 1	1.588	0 250	0.397	295

Resistenza specifica in ohm-cm. delle soluzioni acquose di alcuni sali a 18° C.

Titolo della soluzione	Densità	Gradi Beaumé	Resistenza specifica in ohm per cm.²
Potassa caustica			
5 %	1.041	5.7	5.88
10 »	1.083	11.2	3.21
15 »	1.128	16.6	2.37
20 »	1.177	22.1	2.02
25 »	1.230	27.5	1.87
30 »	1.288	32.9	1.86
35 »	1.349	37.9	1.96
40 »	1.412	42.9	2.24
Soda caustica			
2.5 %	1.03	4.3	9.26
5 »	1.06	8.4	5 12
10 »	1.11	14.6	3.22
15 »	1.17	22	3.90
20 »	1.23	27.5	3.08
25 »	1.28	32	3.71
30 »	1.34	37	4.99
35 »	1.39	41	6.70
40 »	1.44	45	8.70
Cloruro di sodio			
5 %	1.03	4.3	15
10 »	1.07	8.4	7.66
15 »	1.11	14.6	6.15
20 »	1.15	19	5.16
25 »	1.19	23.5	4.72
Solfato di zinco			
5 %	1.03	7	52.1
10 »	1.11	14.6	31.1
20 »	1.23	27.5	21.5
23.7 »	1.25	29.5	20.87
25 »	1.30	34	20.9
50 »	1.38	40.5	22.6
Solfato di rame			
2.5 %	1.02	3	94.5
5 »	1.05	7	53.3
10 »	1.11	14.6	31.4
15 »	1.17	22	23.9
17.5 »	1.20	24	21.9
Cloruro d'ammonio			
5 %	1.014	2	11
10 »	1.029	2.3	5.68
20 »	1.043	5.8	3
25 »	1.071	8.6	2.50
Bromuro di potassio			
5 %	1.037	5	21.6
10 »	1.075	10	10.8
20 »	1.159	20	5.3
Nitrato d'argento			
5 %	1.042	6	39.5
10 »	1.089	11.5	21.2
20 »	1.195	23.5	11.6
30 »	1.321	35	8.2
40 »	1.477	44.5	6.4
50 »	1.674	58	5.4
Clorato di potassio			
1 %	1.007	1	117
5 »	1.032	4.5	26.5

§ 10 — **Conduttori elettrici**

I conduttori normalmente impiegati per la trasmissione dell'energia elettrica sono costituiti, come già si ebbe occasione di dire nel § 5, da fili metallici.

Il metallo maggiormente impiegato è il rame, ma talvolta si usano anche altri metalli quali l'alluminio, il bronzo, e più raramente il ferro.

Il rame è il metallo preferito, malgrado l'alto costo, per la piccola resistenza specifica (K = 0,0175) e per l'alta resistenza meccanica.

Per comodità di confronto fra i vari metalli, si usa considerare invece della resistenza specifica la conducibilità relativa di ognuno di essi rispetto a quella dell'argento posta uguale a 100 oppure anche rispetto a quella del mercurio posta uguale ad 1.

L'argento è stato scelto come metallo di confronto, essendo il conduttore meno resistente esistente in natura.

La tabella N. 8 contiene i valori della conduttività relativa di alcuni metalli; da essa si rileva appunto come il rame possegga, insieme all'argento, la massima conducibilità.

La conducibilità relativa dell'alluminio è alquanto minore (54,2) e la sua resistenza meccanica molto minore; inoltre l'alluminio ha un coefficiente di temperatura assai maggiore del rame (tabella N. 1) e presenta qualche difficoltà per la saldatura.

Ciò nonostante l'alluminio, per il prezzo, per la tenacità e per la leggerezza che lo rende a pari peso 1,8 volte meno resistente del rame, tende a far concorrenza a quest'ultimo ed ha già avute importanti applicazioni; i conduttori di rame hanno ancora però, per la minore sezione necessaria (data la maggior conducibilità) e per la facilità di saldatura, una indiscussa superiorità.

La conducibilità relativa del rame è 100 soltanto quando il metallo è puro, ottenuto cioè per via elettrolitica nel modo che studieremo più avanti; è stato provato sperimentalmente che basta la presenza nel rame di impurità nella proporzione di 1,24 % perchè la conducibilità relativa scenda a 42.

I primi impieghi di conduttori non di rame si ebbero nelle linee telegrafiche e telefoniche per le quali si usarono in principio conduttori di ferro galvanizzati, ossia ricoperti di uno strato di zinco che li preserva dalla ruggine, ed anche fili di acciaio ricoperti di rame.

In seguito poi si sono adottate, sempre per le linee telefoniche e telegrafiche, leghe di rame quali i bronzi siliciosi, bronzi fosforosi, bronzi cro-

mati, nei quali la conduttività relativa scende notevolmente, il che non è un inconveniente grave trattandosi di deboli intensità di corrente, mentre cresce abbondantemente la resistenza meccanica.

I conduttori di ferro, salvo casi speciali, sono ora quasi completamente abbandonati, non tanto per la loro bassa conduttività quanto per il fatto che essendo il ferro un metallo magnetico, essi davano luogo, per ragioni che conosceremo studiando il magnetismo, a disturbi notevoli specialmente nelle linee telefoniche.

Ragioni di economia, dato l'alto prezzo del rame, hanno portato recentemente alla scoperta di leghe di alluminio con le quali è possibile fabbricare fili di non difficile saldatura, meno pesanti a pari resistenza del bronzo e meno costosi.

Sono stati sperimentati anche fili bimetallici di alluminio ricoperto di rame, nei quali è eliminato uno degli inconvenienti dell'alluminio e delle sue leghe, di formare cioè a contatto dell'aria un ossido detto allumina che aumenta notevolmente il peso dei fili tesi nell'aria.

I conduttori normalmente impiegati, specialmente a bordo delle navi, sono come già abbiamo detto di rame; è opportuno conoscerne i vari tipi fabbricati e gli usi diversi per i quali vengono impiegati.

I conduttori di rame si costruiscono in fili, sbarre e corde, e possono essere lasciati nudi oppure ricoperti e protetti in vario modo a seconda dell'impiego cui sono destinati.

I fili nudi si impiegano per trasporti di energia terrestri con linee aeree, ed allo scopo di garantire loro una sufficiente resistenza meccanica non si costruiscono mai di diametro inferiore ai due o tre millimetri mentre non si superano i dieci millimetri per non farli troppo rigidi.

Occorrendo impiegare sezioni maggiori per forti intensità di corrente si ricorre alle *corde*, formate da più fili semplici di rame attorcigliati come nelle comuni corde di canapa.

Le *sbarre* o nastri di rame si usano invece generalmente per le connessioni dei quadri di distribuzione; a tale scopo per la corrente alternata si usano anche tubi di rame vuoti dei quali conosceremo le proprietà studiando la corrente alternata.

I fili nudi che s'impiegano nelle linee aeree sono sostenuti da isolatori di porcellana, vetro od ambroina, fissati a sostegni metallici o pali.

Quando i conduttori possono venire in contatto con le persone o dar luogo ad incendi od altri inconvenienti, ed in genere nelle condutture interne, si debbono proteggere ed isolare con guaine isolanti di diversa natura e spessore a seconda della tensione di linea.

Si possono distinguere conduttori con *isolamento leggero* costituito da una sola copertura di cotone in nastro o treccia imbevuta di paraffina o bitume, conduttori *con isolamento medio*, costituito da una prima copertura di cautchou vulcanizzato sul conduttore alla quale viene soprapposta una coperta di cotone imbevuto di sostanze isolanti, ed infine conduttori *con forte isolamento* costituito da due o più strati di cautchou vulcanizzato, e da due o più coperture di cotone od altre sostanze tessili.

Questo tipo di conduttore non si può usare per tensioni di linea superiori ai quattro o cinquecento volt.

Per la distribuzione minuta di energia elettrica si usano i *cordoncini flessibili* che si compongono di due conduttori avvolti a spirale e costituiti ciascuno da un certo numero di fili sottilissimi di rame attorcigliati e isolati con uno strato di gomma ed uno di cotone.

Per condutture sotterranee e di bordo, nelle quali occorre garantire un ottimo isolamento dei conduttori, si ricorre ai *cavi* che sono conduttori di rame, generalmente corde, isolati e protetti in modo speciale dall'umidità e dalle azioni meccaniche esterne.

I cavi si dividono in *semplici ed armati* riguardo alla loro protezione; nei primi si ha un certo numero di strati isolanti di cautchou vulcanizzato, carta secca e fibre tessili imbevute di sostanze isolanti, i secondi sono muniti inoltre di una armatura di nastro o filo di ferro od anche di un tubo di piombo od ambedue insieme.

Nei *cavi subacquei* destinati a stare sott'acqua si adopera come materia isolante la guttaperca la quale non è adatta a restare esposta all'aria perchè vi si altera facilmente e si rammollisce a temperature superiori ai 37° C.

I cavi si distinguono inoltre in *cavi semplici* e *cavi multipli* a seconda del numero dei conduttori da essi contenuti; per corrente continua e per usi telegrafici e telefonici si usano cavi unipolari, cioè con un solo conduttore e cavi bipolari, con due conduttori, mentre per corrente alternata si usano cavi a tre conduttori.

Per usi speciali si fanno anche cavi con un numero di conduttori superiore a tre.

I cavi multipli si distinguono a loro volta in *cavi concentrici*, quando i vari conduttori sono costituiti da corone concentriche di fili di rame isolate fra di loro da strati isolanti e *cavi accordonati* quando i conduttori sono posti in prossimità uno dell'altro ed avvolti insieme come i trefoli di una corda.

Nella figura 23 sono indicati in sezione i vari tipi di cavi già descritti.

Per calcolare la resistenza di un qualsiasi conduttore si può applicare la

formula generale $R = K\frac{l}{s}$; in pratica però si usano tabelle sperimentali come quelle N. 9, 10, 11, 12, 13 e 14, riportate a pag. 53 e seguenti.

Speciale importanza ha l'operazione di unione delle estremità di due spezzoni di conduttore; questa operazione, conosciuta sotto il nome di *giunzione*, è delicata e richiede l'osservanza di alcune norme importanti.

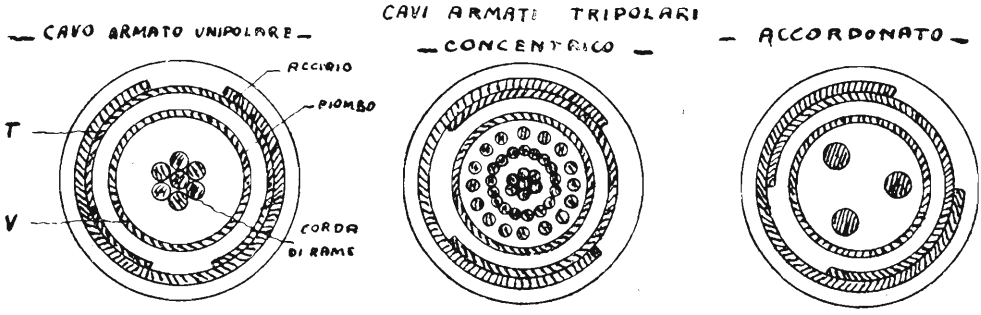


Fig. 23.

Per la giunzione di fili esistono due tipi di giunto.

Il primo, detto giunto *Britannia*, si effettua sovrapponendo i due fili per una lunghezza decupla del diametro dopo averne piegati gli estremi ad angolo retto (fig. 24-A); sui due fili viene poi avvolto strettamente un filo più sottile nel modo indicato in figura.

Il secondo tipo di giunto, detto a torsione, non può essere usato per i fili di diametro troppo grande; si effettua semplicemente attorcigliando gli estremi dei due fili uno sull'altro per una lunghezza complessiva pari al decuplo del diametro (fig. 24-B).

Fig. 24.

La giunzione delle corde è un poco più complicata (fig. 25); occorre disfare le estremità delle due corde per un certo tratto e drizzare i fili come è indicato in figura, quindi avvicinare le corde in modo che i fili di una risultino alternati con quelli dell'altra, ed infine attorcigliare i fili alle corde stesse.

Qualunque sia il sistema di giunzione usato, occorre sempre pulire prrcedentemente con cura i fili con tela smeriglio ed ultimata la giunzione ricoprirla con un'accurata saldatura a stagno.

Trattandosi di fili ricoperti, bisognerà naturalmente denudare le estremità da giuntare ed a giunzione compiuta ricoprirla con nastro gommato isolante.

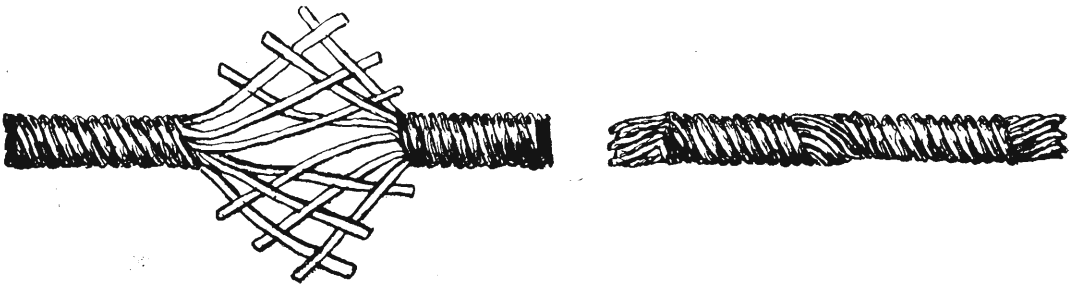


Fig. 25.

Per i cavi l'operazione è più complessa, specialmente se trattasi di cavi armati; per un cavo armato unipolare, con conduttore a treccia, le operazioni da farvi per preparare ognuna delle due estremità sono, ad esempio, le seguenti.

Ad una certa distanza dall'estremità (fig. 26) si pratica sul cavo una legatura con spago, quindi si toglie l'isolante esterno fino alla legatura ponendo allo scoperto l'armatura di ferro; si toglie anche questa limandola attorno alla legatura e mettendo così allo scoperto l'armatura di piombo.

Fig. 26.

Su quest'ultima, a tre o quattro centimetri di distanza dalla legatura, si pratica con un coltello un'incisione circolare togliendo il pezzo di tubo di piombo che così viene a liberarsi.

Resta così scoperto l'isolante interno; su questo, a tre o quattro centimetri dall'estremità dell'armatura di piombo si esegue una seconda legatura attorno alla quale, dalla parte dell'estremità, si toglie l'isolante stesso ponendo a nudo il conduttore.

Si esegue quindi la giunzione delle due corde nel modo che è già stato descritto e poscia si isola la parte rimasta scoperta con più strati di nastro di gomma e di nastro incatramato; è possibile anche sostituire la parte di armatura mancante sulla giunzione con lamierino di ferro piegato intorno al cavo e saldato lungo i bordi di unione.

Spesso però si preferisce giuntare i cavi usando le apposite scatole di ghisa a tenuta stagna di cui la fig. 27 ci mostra un esemplare aperto; i conduttori sono uniti a mezzo del manicotto di rame o serracavo S, quindi la scatola viene riempita di asfalto e chiusa ermeticamente.

Esistono anche cassette per giunzione di cavi a due o più conduttori.

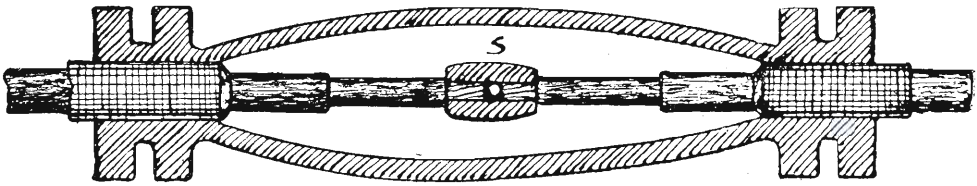


Fig. 27.

TABELLA VIII.

Conducibilità relativa di alcuni metalli rispetto alla conducibilità dell'argento presa come 100 e del mercurio presa come 1

Argento puro	100
Rame puro	100
Bronzo silicioso telegrafico	98
Lega rame-argento 50 %	88,6
Oro puro	78
Alluminio puro	54,2
Bronzo silicioso telefonico	35
Zinco puro	30
Bronzo fosforico telefonico	29
Lega oro-argento 50 %	16,12
Ferro di Svezia	16
Stagno puro	15,4
Acciaio Siemens	12
Platino puro	10,6
Piombo puro	8,88
Bronzo a 20 % di stagno	8,4
Nichelio puro	7,89
Antimonio	3,88
Mercurio	1,61
Mercurio a 0°	1,000
Antimonio ricotto	2,053
Nikelina, reotano	2,8-1,8
Maillechort	3,603
Piombo ricotto	5,111
Platino	6,073
Nikelio	7,374
Ferro	9,685
Stagno	9,874
Zinco	16,64
Alluminio ricotto	30,86
Oro ricotto	44,06
Rame trafilato	52,21
Rame ricotto	55,86
Argento ricotto	63,80
Carbone di storta	0,02

TABELLA IX.

Peso e resistenza dei fili di rame puro a 0°

La resistenza aumenta del 5/100 per il rame elettrolitico commerciale, e del 2/100 ogni 5 gradi centigradi.

Diametro mm.	Sezione mm^2	Grammi per m.	Metri per Kg.	Ohm per Kg.	Metri per Ohm.
0.100	0.0079	0.0669	15000.	2133.1	0.47
0.200	0.0314	0.2796	3580.	533.26	1.9
0.300	0.0707	0.6291	1600.	237.01	4.2
0.400	0.1257	1.1184	900.	133.01	7.5
0.508	0.2027	1.8039	555.	82.656	12.2
0.600	0.2827	2.5164	397.	59.252	17.
0.711	0.3970	3.5336	283.3	42.195	24.
0.800	0.5027	4.4736	224.	33.329	30.
0.914	0.6561	5.8395	171.5	25.534	39.
1.	0.78	6.99	143.06	20.34	49.
1.5	1.77	15.73	63.58	9.04	120.
2.	3.14	27.96	35.76	5.08	197.
2.5	4.91	43.69	22.89	3.25	307.
3.	7.07	62.91	15.90	2.25	443.
3.5	9.62	95.63	11.69	1.66	602.
4.	12.57	111.8	8.94	1.27	787.
4.5	15.90	141.5	7.06	1.	995.
5.	19.63	174.7	5.72	0.814	1229.
5.5	23.76	211.5	4.73	0.672	1487.
6.	28.27	251.6	3.97	0.565	1770.
6.5	33.18	295.3	3.39	0.481	2077.
7.	38.48	342.5	2.92	0.415	2409.
7.5	44.18	393.2	2.54	0.362	2765.
8.	50.26	447.4	2.24	0.318	3146.
8.5	56.74	505.0	1.98	0.282	3552.
9.	63.62	566.0	1.77	0.251	3992.
9.5	70.88	630.8	1.58	0.225	4437.
9.9	76.98	685.1	1.46	0.207	4818

TABELLA X.

Resistenza in Ohm per Km. a 15° e carico di rottura in kg. dei fili di rame duro di conduttività del 96 %

$\rho = 0.0176$ per m. e per mm^2 a 15° C.

Diametro mm.	Sezione mm^2	Resistenza Ohm	Carico di rottura Kg.	Diametro mm.	Sezione mm^2	Resistenza Ohm	Carico di rottura Kg.
1.0	0.785	22.1	31.8	3	7.07	2.46	307
1.1	0.950	18.3	42.7	3.1	7.55	2.30	328
1.2	1.131	15.4	51	3.2	8.04	2.16	350
1.3	1.327	13.1	60	3.3	8.55	2.03	272
1.4	1.539	11.3	69	3.4	9.08	1.91	395
1.5	1.767	9.83	79	3.5	9.62	1.81	417
1.6	2.041	8 64	90	3.6	10.18	1.71	438
1.7	2.270	7.66	101	3.7	10.75	1.62	463
1.8	2.545	6.83	113	3.8	11.34	1.53	488
1.9	2.835	6.13	125	3.9	11.95	1.45	515
2	3.142	5 53	138	4	12.57	1.38	538
2.1	3.464	5 02	153	4 5	15.90	1.09	673
2.2	3.801	4.57	167	5	19.64	0.885	823
2.3	4.155	5.18	183	5.5	23.76	0.732	1010
2.4	4.524	3.84	199	6	28.27	0.615	1160
2.5	4.909	3.54	214	6.5	33.18	0.524	1355
2.6	5.309	3.28	232	7	38.49	0.452	1560
2.7	5.726	3.04	250	8	50.27	0.345	2010
2.8	6.158	2.82	269	9	63.62	0.273	2480
2.9	6.605	3.63	288	10	78.54	0.221	3980

TABELLA XI.

Resistenza in Ohm per km. a 15° C. e carico di rottura in Kg. dei fili di rame dolce di conduttività del 98 %.

$\rho = 0.017$ per m. e mm^2 a 15 C.

Diametro mm.	Sezione mm^2	Resistenza Ohm	Carico di rottura Kg.	Diametro mm.	Sezione mm^2	Resistenza Ohm	Carico di rottura Kg.
1	0 785	21.67	19	3	7.07	2.41	170
1.1	0.950	17.90	23	3.1	7.55	2.26	181
1.2	1.131	15.05	27	3.2	8 04	2.12	193
1.3	1.327	12.80	32	3.3	8.55	1.99	205
1.4	1.539	11.05	37	3.4	9.08	1.87	217
1.5	1.767	9.63	42	3.5	9.62	1.77	230
1.6	2.011	8.46	48	3.6	10.18	1.67	244
1.7	2.270	7.50	54	3.7	10.75	1.58	258
1.8	2 545	6.68	61	3 8	11.34	1.50	272
1 9	2.835	6.01	68	3.9	11.95	1.42	286
2	3 142	5.42	75	4	12.57	1.35	302
2.1	3.464	4.92	83	4.5	15.90	1.07	382
2.2	3.801	4.47	91	5	19.64	0.866	472
2.3	4.155	4.10	100	5.5	23.76	0.716	570
2.4	4.524	3.77	109	6	28.27	0.602	680
2.5	4.909	3.47	118	6.5	33.18	0.514	796
2.6	5.309	3.21	127	7	38.49	0.443	925
2.7	5.726	2.98	137	8	50.27	0.339	1210
2.8	6.158	2.76	148	9	63.62	0.268	1525
2.9	6.605	2.58	159	10	78.54	0.216	1890

TABELLA XII.

Corde di rame peso specifico 8,9

$\rho = 0.017\ \Omega$ a 0° C.

	Diametro di ciascun filo in mm.	Diametro del conduttore in mm.	Sezione del conduttore in mm.²	Resistenza per km. a 0° C.	Peso per km. kg.
a 7 fili	0.8	2.4	3.59	4.625	32.7
	1.0	3.0	5.62	3.008	51.1
	1.2	3.6	8.14	2.088	73.6
	1.4	4.4	11.09	1.570	100.2
	1.6	4.8	14.47	1.174	130.9
	1.8	5.4	18.29	0.927	165.6
	2.0	6.0	22.61	0.751	214.5
	2.2	6.6	27.36	0.621	246.5
	2.4	7.2	32.54	5.521	294.5
a 19 fili	0.8	4	9.75	1.731	88.8
	1.0	5	15.21	1.107	138.7
	1 2	6	22.04	0.769	199.8
	1.4	7	30.03	0.565	272
	1.6	8	39.23	0.433	355.2
	1.8	9	49.53	0.342	449.5
	2.0	10	61.23	0.277	555
	2.2	11	74.10	0.229	671.5
	2.4	12	88.14	0.192	7.995
a 37 fili	0 8	5.6	19.16	0.866	178.2
	1.0	7	29.92	0.503	278.3
	1.2	8.4	43.06	0.395	389
	1.4	9.8	58.69	0 291	497
	1.6	11.2	76.60	0.222	691.5
	1.8	12.6	96.80	0.175	875.5
	2.0	14	119.67	0.142	1080
	2.2	15.4	144.82	0.117	1310
	2.4	14.4	172.26	0.094	1602
a 49 fili	0.8	7.2	25.75	0.644	231.8
	1.0	9	40.43	0.409	375
	1 2	10.8	58.20	0.283	541.2
	1.4	12.6	79.31	0.208	737.5
	1.6	14.4	103.52	0.160	962.5
	1.8	16.2	130.84	0.123	1216
	2.0	18	161.71	0,102	1504
	2.2	19.8	195.70	0 084	1820
	2.4	21.6	232.78	0.067	2165

TABELLA XIII.

Fili di ferro dolce - peso specifico 7,7

Resistenza specifica $\rho = 0{,}13$ Ohm per m. e mm.^{2} a 15° C.

Diam. mm.	Sezione mm.^{2}	Peso per m. gr.	Lunghezza per kg. m.	Resistenza per m. Ohm	Lunghezza per Ohm m.
0.5	0.196	1.51	662	0.664	1.51
1.0	0.785	6.05	165	0.166	6.02
1.5	1.767	13.6	73.5	0.074	13.5
2.0	3.142	24.2	41.3	0.041	24.4
2.5	4.909	37.7	26.5	7.0265	37.7
3.0	7.07	54.4	18.4	0.0184	54.3
3.5	9.62	74.1	13.5	0.0135	74.1
4.0	12.57	96.8	10.3	0.0104	96.2
4.5	15.90	122	8.2	0.0077	123
5.0	19.64	151	6.62	0.0066	152
5.5	23.76	183	5.46	0.0055	182
6.0	28.27	217.5	4.60	0.00346	217

TABELLA XIV.

Fili di bronzo per telefoni o telegrafi

Diametro m.	Sezione mm.^{2}	Carico di rottura per mm.^{2} kg.	Resistenza per kg a 15° C. Ohm.
5.0	19.635	50	0.96
4 5	15.904	50	1.19
4.0	12.566	50.9	1.51
3.0	7.069	52 6	2.67
2.0	3.142	54.1	6.02
1.5	1.167	68.1	14.43

CAPITOLO III.

Lavoro e potenza della corrente elettrica

§ 11 — Lavoro e potenza della corrente elettrica Legge di Joule

Nel Capitolo I abbiamo già accennato al concetto di potenza della corrente elettrica; riprendiamo adesso l'argomento per approfondirlo maggiormente, ricorrendo al consueto paragone della corrente elettrica con una corrente d'acqua.

Nell'esempio della figura 3, viene speso, per azionare la pompa P, un certo *lavoro meccanico* che si misura in kilogrammetri, essendo *un kilogrammetro il lavoro che si compie innalzando di un metro il peso di un kilogrammo.*

Così se per mezzo della pompa P si innalzano 100 Kilogrammi di acqua dal pozzo A fino al serbatoio S superando un dislivello di m. 6, dobbiamo dire di aver compiuto un lavoro di kilogrammetri $6 \times 100 = 600$.

Analogamente nel generatore G della fig. 4 viene compiuto, a spese della potenza meccanica o di altro genere che aziona il generatore stesso, un certo *lavoro elettrico* per trasportare una certa quantità di elettricità da B in A.

Il lavoro elettrico si indica con W e si misura in *joule* essendo un joule *il lavoro corrispondente il trasporto di un coulomb da un certo potenziale ad un potenziale più elevato di un volt.*

Così se per mezzo del generatore G si elevano 100 coulomb dal potenziale di B al potenziale di A, essendo $V_A - V_B = 6$ Volt, il lavoro elettrico compiuto è di joule $6 \times 100 = 600$.

Fra le unità di misura del lavoro meccanico e del lavoro elettrico, esiste la seguente relazione:

$$1 \text{ joule} = 0{,}102 \text{ Kgm.}$$

ossia: per ogni joule di lavoro elettrico che si vuole ottenere da un generatore, occorre impiegare il lavoro meccanico di 0,102 Kgm. per azionare il generatore stesso (teoricamente, trascurando tutte le perdite).

Il lavoro meccanico compiuto nell'unità di tempo si chiama *potenza meccanica*; l'unità di misura della potenza meccanica è il *kilogrammetro al secondo*, ossia *quella potenza necessaria per compiere il lavoro meccanico di un kgm. nel tempo di un secondo.*

Praticamente però si usa per la potenza meccanica un'altra unità di misura chiamata *cavallo-vapore* (si indica con HP dall'inglese Horse-Power) la quale è 75 volte più grande del kgm. al secondo.

Il cavallo-vapore perciò si può definire come la potenza meccanica necessaria per compiere il lavoro di 75 kilogrammetri in un secondo.

Se, ad esempio, riferendosi sempre alla fig. 3, la pompa P innalza 1250 kilogrammi d'acqua all'altezza di 6 metri nel tempo di 10 secondi, in un secondo ne innalzerà $\frac{1250}{10} = 125$ kilogrammi compiendo il lavoro di $125 \times 6 = 750$ kilogrammetri; la potenza impiegata è quindi $\frac{750}{75} = 10$ HP.

Il lavoro elettrico compiuto nell'unità di tempo si chiama analogamente *potenza elettrica*; l'unità di potenza elettrica è il *Watt che equivale al lavoro di un joule al secondo.*

Se, per esempio, il generatore G (fig. 4) trasporta in 10 secondi 1000 coulomb dal potenziale di B al potenziale di A, essendo $V_A - V_B = 50$ volt, possiamo dire che la potenza elettrica del generatore G è:

$$P = \frac{1000 \text{ Coulomb} \times 50 \text{ volt}}{10 \text{ s}} = 5000 \text{ watt}$$

La potenza elettrica si indica normalmente con la lettera P; l'unità di misura, il watt, essendo per i bisogni della pratica troppo piccola si usa normalmente il suo multiplo, il kilowatt (1000 watt) che si indica con kw.

Poichè 1 joule = 0,102 kgmmetri, sarà anche 1 watt = 0,102 kgmmetri al secondo e poichè 1 HP = 75 kgmmetri al secondo sarà:

$$1 \text{ watt} = \frac{0{,}102}{75} = 0{,}0136 \text{ HP.}$$

ossia 1 kw = 1,36 HP ed anche 1 HP = $\frac{1}{1{,}36}$ kw = 736 watt.

Dalle definizioni date risulta che se uno stesso lavoro viene compiuto in

un tempo doppio, la potenza diventa la metà, se viene compiuto in un tempo triplo la potenza diventa la terza parte, ecc.; in generale possiamo dire:

$$\text{Potenza} = \frac{\text{lavoro}}{\text{tempo}}$$

Osserviamo che nel caso della figura 2 la potenza ci viene data da $P = \frac{\text{quantità d'acqua} \times \text{dislivello}}{\text{tempo}}$ ma poichè $\frac{\text{quantità d'acqua}}{\text{tempo}}$ = portata, possiamo anche scrivere: potenza = portata × dislivello.

Analogamente nel caso della figura 3 la potenza ci viene data da $P = \frac{\text{quantità di elettricità} \times \text{differenza di potenziale}}{\text{tempo}}$ e poichè sappiamo già che $\frac{\text{quantità di elettricità}}{\text{tempo}}$ = intensità di corrente, possiamo anche scrivere: potenza elettrica = intensità di corrente × differenza di potenziale, ossia:

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Ampèr} \times 1 \text{ Volt.}$$

Cioè: *il Watt è la potenza elettrica assorbita da un circuito nel quale circola la corrente di 1 Ampère per effetto di una tensione applicata di un Volt.*

In generale: *la potenza di una corrente elettrica è data in Watt dal prodotto della sua intensità espressa in Ampère per la differenza di potenziale che la produce espressa in Volt.*

Vediamo ora come viene distribuita la corrente elettrica in un circuito percorso da corrente.

Nell'esempio idraulico della fig. 3 l'acqua, dopo aver raggiunto in virtù della pompa P il livello del serbatoio S, cade sulla ruota R e la pone in rotazione, restituendo così la potenza impiegata per azionare la pompa.

La restituzione però non è completa poichè una parte di energia immagazzinata nell'acqua in movimento viene impiegata per vincere l'attrito offerto al movimento dell'acqua stessa dalle pareti dei tubi, sia nel tratto dalla pompa al serbatoio nel quale l'acqua sale, sia nel tratto dal serbatoio al pozzo A nel quale l'acqua cade.

Nel circuito della figura 4, avviene qualcosa di perfettamente analogo; la potenza elettrica del generatore, immagazzinata nelle cariche elettriche in movimento, serve in parte a vincere la resistenza del generatore, o caduta interna, in parte a vincere la resistenza del conduttore, o caduta esterna, ed il rimanente è disponibile per l'apparecchio utilizzatore R, il quale la trasformerà, secondo i bisogni, in potenza meccanica, chimica, calorifica, ecc.

Possiamo arrivare a queste stesse conclusioni anche partendo dalla Legge di Ohm; per un circuito chiuso comprendente un generatore ed un utente (fig. 28) si ha:

$$E = R_i\ I + RI + e$$

dove R_i è la resistenza interna del generatore, R la resistenza complessiva del circuito esterno ed *e* è la f.c.e.m. dell'utente; notiamo qui che salvo il caso di utenti costituiti da una semplice resistenza quali sono quelli che, come studieremo più avanti, si impiegano per trasformare l'energia elettrica in energia calorifica o luminosa, tutti gli altri presentano sempre nel circuito nel quale sono inseriti una f.c.e.m.

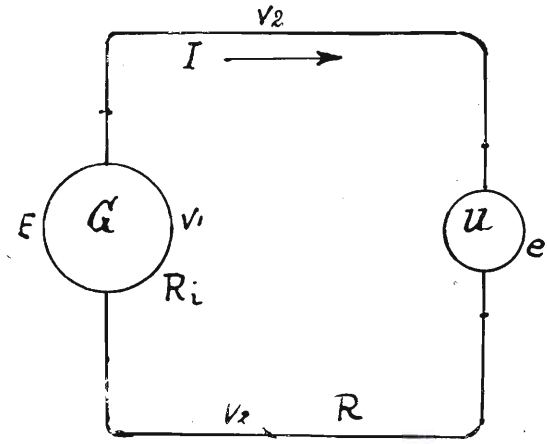


Fig. 28.

L'espressione sopra scritta significa, come già sappiamo, che la f.e.m. E del generatore fa equilibrio alla somma delle cadute di potenziale, interna ed esterna, e della f.c.e.m. esistente nel circuito.

Per semplicità in questo esempio abbiamo considerato un circuito comprendente un solo generatore ed un solo utente; la cosa non cambierebbe se vi fossero invece più generatori e diversi utenti in serie fra di loro poichè in tal caso la somma delle f.e.m. farebbe equilibrio alla somma delle cadute di potenziale interne ed esterne e delle f.c.e.m. esistenti nel circuito.

Chiamiamo con $v_1 = RI$ e $v_2 = RI$ le due cadute di potenziale interna ed esterna che sarà: $E = v_1 + v_2 + e$.

La potenza elettrica del generatore è data come sappiamo da $E \times I$; os-

serviamo che essendo $E = v_1 + v_2 + e$, sarà anche $E\,I = (v_1 + v_2 + e) \times I$ ossia $E\,I = v_1\,I + v_2\,I + e\,I$.

Ciò significa appunto che la potenza E I del generatore si suddivide in una parte $v_1\,I$ che serve a vincere la resistenza del circuito interno del generatore, in una parte $v_2\,I$ che serve a vincere la resistenza complessiva del circuito esterno, ed infine in una parte $e\,I$ utilizzabile nell'apparecchio V.

Tralasciamo per ora di occuparci di quest'ultima parte ed occupiamoci invece della potenza elettrica impiegata per vincere la resistenza dei conduttori del circuito interno e di quello esterno.

Questa potenza $v_1\,I + v_2\,I$ è potenza perduta poichè, come abbiamo visto, soltanto la potenza $e\,I$ è utilizzabile nell'apparecchio V; con questo però vogliamo dire semplicemente che essa non è utilizzabile per i nostri scopi, non già che essa vada distrutta; poichè qualsiasi forma di energia esistente in natura può al massimo trasformarsi in altra forma ma non può essere nè creata nè distrutta.

Vediamo quindi in quale altra forma di potenza si trasforma quella parte impiegata a vincere la resistenza elettrica.

Nell'esempio idraulico della fig. 3, la parte di potenza perduta per attrito dell'acqua contro le pareti dei tubi si trasforma in calore, come è possibile controllare con opportune esperienze.

Ciò succede per qualsiasi specie di attrito meccanico ed è per questo motivo, ad esempio, che si riscaldano i cuscinetti delle macchine in moto, ecc.

Per quella specie di *attrito elettrico* che è appunto effetto della resistenza elettrica dei conduttori, avviene precisamente lo stesso, cioè la potenza elettrica in esso perduta si trasforma in calore.

E' facile rendere visibile questo fenomeno ricorrendo all'apparecchio indicato nella fig. 29.

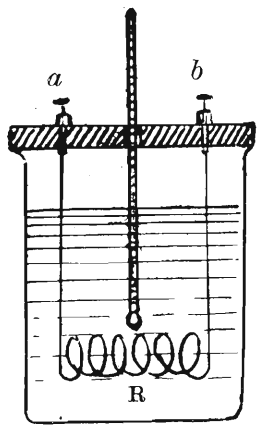


Fig. 29.

In un vaso di vetro, contenente un liquido isolante qualsiasi (ad esempio, acqua pura), è immenso un conduttore in forma di spirale, gli estremi del quale sono uniti rispettivamente ai due serrafili *a* e *b* fissati ad un coperchio di materiale isolante.

Applicando ai due serrafili *a* e *b* una certa differenza di potenziale V, se R è la resistenza del conduttore immerso nell'acqua, sappiamo che in esso circolerà una corrente $I = \frac{V}{R}$; perciò l'apparecchio assorbe una potenza elettrica pari a V I la quale serve tutta a vincere la resistenza del conduttore.

Appena la corrente comincia a circolare si può constatare, a mezzo dell'apposito termometro, che la temperatura dell'acqua comincia a salire.

Poichè l'aumento di temperatura dell'acqua è l'unico fenomeno che si può osservare per tutto il tempo durante il quale il conduttore è percorso da corrente e d'altra parte questo fenomeno cessa di manifestarsi appena interrompiamo la corrente, resta sperimentalmente dimostrato che la potenza elettrica perduta nei conduttori a causa della caduta di tensione che essi provocano si trasforma completamente in calore.

Questo esperimento fu eseguito per la prima volta dal fisico Joule, e per questo l'effetto calorifico della corrente è noto comunemente sotto il nome di *effetto Joule.*

Vediamo adesso come Joule stesso riuscì ad enunciare la legge che regola questo fenomeno.

Anzitutto osserviamo che dal momento in cui noi lanciamo corrente nell'apparecchio della fig. 29 la temperatura aumenta gradatamente per un certo tempo, per rimanere poi stazionaria ad un certo valore.

Ciò è dovuto al fatto che la massa d'acqua contenuta nel vaso riceve calore dalla spirale del conduttore, ma in pari tempo ne cede all'ambiente circostante in misura crescente man mano che aumenta lo squilibrio di temperatura fra l'acqua e l'ambiente stesso.

Si verifica quindi il fatto che, quando la quantità di calore che in un dato tempo la massa d'acqua riceve dalla spirale di conduttore percorsa dalla corrente, eguaglia la quantità di calore che nel tempo stesso si disperde nell'ambiente circostante, la temperatura della massa d'acqua rimane stazionaria.

Se fosse possibile isolare termicamente in maniera perfetta il vaso di vetro dall'ambiente circostante, noi constateremmo quindi che la temperatura della massa d'acqua tenderebbe a salire gradatamente ed indefinitivamente, a patto naturalmente che, sia la resistenza del conduttore come l'intensità di corrente che lo attraversa, rimangano invariate.

Perciò la quantità di calore prodotta dipenderebbe unicamente dal tempo durante il quale noi lasceremmo circolare la corrente del conduttore; ossia può dirsi che, *rimanendo costanti la tensione applicata e l'intensità di corrente, la quantità di calore prodotta è direttamente proporzionale al tempo.*

Supponiamo adesso di avere a disposizione diversi apparecchi simili a quello della fig. 29 e supponiamo di alimentarli in serie fra di loro con un generatore qualsiasi, in modo che essi vengano tutti attraversati dalla stessa intensità di corrente.

Se gli apparecchi sono stati costruiti in modo che le varie spirali di con-

duttore abbiano valori diversi fra di loro, ci sarà facile constatare che le temperature raggiunte in un tempo uguale dai vari apparecchi sono diverse fra di loro e proporzionali alla resistenza della spirale di ogni singolo apparecchio.

Possiam dunque dire che, *rimanendo costanti il tempo durante il quale la corrente circola, ed il valore dell'intensità della corrente stessa, la quantità di calore prodotta è direttamente proporzionale alla resistenza.*

Se infine facciamo passare attraverso un unico apparecchio, sempre per uno stesso intervallo di tempo, prima una certa intensità di corrente I, poi una intensità $2\ I$, poi $3\ I$, $4\ I$, ecc. potremo constatare che si produrrà rispettivamente, prima una certa quantità di calore Q, poi una quantità $4\ Q$, poi $9\ Q$, poi $16\ Q$, ecc.

Cioè *rimanendo costanti il tempo durante il quale circola corrente nel conduttore e la resistenza del conduttore stesso, la quantità di calore prodotto è direttamente proporzionale al quadrato dell'intensità di corrente.*

Dall'insieme di tutte queste constatazioni Joule enunciò la seguente legge che porta il suo nome:

Il lavoro elettrico equivalente al calore sviluppato in un conduttore dalla corrente elettrica in un tempo t è dato dal prodotto della resistenza del conduttore stesso per il quadrato dell'intensità di corrente e per il tempo t : ossia:

$$W = R\ I^2\ t$$

Naturalmente parlando di potenza elettrica, poichè questa non è altro che il lavoro elettrico compiuto nell'unità di tempo, si ha $t = 1$ e quindi $P = R\ I^2$.

Infatti nel caso della fig. 29 la potenza assorbita dall'apparecchio e che abbiamo visto trasformarsi completamente in calore, è data da $P = V\ I$; ma essendo per la legge di Ohm $V = R\ I$ avremo anche: $P = R\ I \times I = R\ I^2$.

Riferendoci a quanto abbiamo già detto a proposito dell'esempio della fig. 28, osserviamo che il circuito dell'apparecchio rappresentato in fig. 29 è appunto un circuito senza f.c.e.m. poichè comprende soltanto il generatore ed un conduttore che presenta una certa resistenza.

In questo caso però, se si riflette al fatto che lo scopo per il quale l'apparecchio è stato costruito è appunto quello di produrre del calore, non possiamo più chiamare potenza perduta tutta la potenza che si trasforma in calore.

Occorrerà invece distinguere la caduta di potenziale totale del circuito in due cadute parziali, una interna all'apparecchio prodotta dalla spirale di conduttore, ad una esterna prodotta dai conduttori che servono a collegare i serrafili dell'apparecchio ai morsetti del generatore. La prima assorbe quella parte della potenza elettrica che noi utilizziamo per i nostri scopi (in questo

caso riscaldamento), mentre la seconda produce soltanto una perdita di potenza, inquantochè il calore che si sviluppa nei conduttori di collegamento del circuito esterno non è utilizzabile.

Occorre adesso stabilire l'equivalente in calore del lavoro elettrico; ricordiamo intanto che l'unità di misura del calore *è la caloria, equivalente alla quantità di calore necessaria per elevare la temperatura di un dcm.*^{3} *di acqua distillata di un grado centigrado.*

Dalla meccanica sappiamo che, nella trasformazione del lavoro meccanico in calore, si ottiene una caloria per 427 Kilogrammetri consumati; il numero 427 si chiama perciò *equivalente meccanico del calore.*

Poichè, come già sappiamo, 1 Joule = 0,102 Kilogrammetri, ossia:

$$1 \text{ Kilogrammetro} = \frac{1}{0{,}102} = 9{,}8 \text{ Joule, avremo anche}$$

$$1 \text{ caloria} = 427 \text{ Kilogrammetri} = 427 \times 9{,}8 \text{ Joule} = 4184 \text{ Joule}$$

ed anche:

$$1 \text{ Joule} = \frac{1}{4184} \text{ calorie} = 0{,}00024 \text{ calorie.}$$

Evidentemente sarà anche un Watt = 0,00024 calorie al secondo (1); possiamo dunque dire che *il calore sviluppato per effetto Joule nell'unità di tempo da una corrente I, che attraversa un conduttore di resistenza R, è dato in calorie da:*

$$C = R \times I^2 \times 0{,}00024$$

dove R è espresso in Ohm ed I in Ampère.

Se un Watt è uguale a 0,00024 calorie al secondo, un Watt-ora sarà uguale a $0{,}00024 \times 3600 = 0{,}864$ calorie, quindi:

$$1 \text{ caloria} = \frac{1}{0{,}864} = 1{,}158 \text{ Watt-ora.}$$

Questa formula insieme alle precedenti serve a calcolare la potenza elettrica necessaria per ottenere un determinato riscaldamento di un dato corpo in un tmpo pure determinato.

---

(1) Comunemente si usa anche un sottomultiplo della caloria che si chiama piccola caloria corrispondente ad $\frac{1}{1000}$ di calorie.

TABELLA XV.

Piombi fusibili

Sezione mm.	Corrente in A.	Corrente fusione	Sezione mm.	Corrente in A.	Corrente fusione
0.75	3	6	35	80	160
1.00	4	8	50	100	200
1.50	6	12	70	130	260
2.50	10	20	95	160	320
4	15	30	120	200	400
6	20	40	150	230	460
10	30	60	210	300	600
16	40	80	300	400	800
25	60	120	500	600	1200

TABELLA XVI.

Fusibili in rame

Diametro mm.	Corrente in A.	Corrente fusione	
0.5	14	28	Per un filo lungo 10 cm.
0.65	22	44	
0.70	24	48	
1.00	36	72	
1.50	72	144	
2.00	112.5	225	
2.50	150	305	

§ 12 — **Applicazioni termoelettriche**

L'effetto termico trova numerosissime applicazioni negli apparecchi termoelettrici (ove si utilizza il calore svolto dal passaggio di una corrente in una apposita resistenza, per riscaldamento di ambienti, per ebollitori per liquidi, per ferri da stiro e ferri da saldare, ecc.), nelle lampade a filamento ove il calore svolto porta all'arroventamento di un filo sottile di grande resistenza, nell'arco voltaico di cui parleremo in seguito, nelle valvole di sicurezza per circuiti, ecc.

La costruzione degli apparecchi elettrotermici deve tendere a mantenere sempre minime le perdite di calore nell'ambiente esterno spesso notevoli, e quindi a migliorare il *rendimento* globale degli apparecchi stessi. Infatti, il conduttore che percorso dalla corrente elettrica si riscalda e cede il calore ad altro corpo, ad esempio, a dell'acqua, è contenuto in generale in un recipiente nel quale la parete interna è a contatto con il sopradetto corpo mentre la parete esterna è a contatto con l'aria ambiente. Il calore trasmesso dal filo caldo all'aria è calore perduto agli effetti dell'utilizzazione dell'apparecchio, e quindi bisogna ottenere che esso rappresenti la minore quantità possibile.

Se, ad esempio, indichiamo con Pt la potenza elettrica sviluppata dal generatore per alimentare l'apparecchio termoelettrico, di questa solo una parte Pu verrà utilizzata per il riscaldamento dell'acqua mentre la rimanente andrà perduta sotto forma di calore comunicato all'ambiente esterno. Potremo quindi chiamare *rendimento elettrico* il rapporto fra la potenza elettrica utilizzata e la potenza elettrica assorbita dall'utente. Si comprende come in un apparecchio nel quale fosse possibile eliminare ogni dispersione di calore la potenza elettrica totale del generatore equivarrebbe a quella utilizzata e quindi avremo:

$$\frac{Pu}{Pt} = 1$$

Se, per concretare quanto è stato sopra esposto, la potenza erogata dal generatore è di 100 Watt e quella utilizzata dall'apparecchio è di 50 Watt il rendimento sarà $\frac{50}{100} = 0{,}50$.

E' da notare che, dal punto di vista del rendimento, nessuna miglioria si può attendere se l'apparecchio termo-elettrico da costruire è una stufa perchè detto rendimento è, in qualunque tipo di calorifero, del 100 per 100:

tutta l'energia elettrica consumata dall'apparecchio è trasformata in energia calorifica.

Il problema che generalmente si presenta è il seguente:

Dato un certo peso in Khilogrammi del corpo che si vuol riscaldare, il salto di *temperatura t* che si vuole compiere, il tempo T in minuti nel quale si vuol ottenere l'effetto, la tensione V della corrente di alimentazione e il genere di lega di cui è costruito il filo resistente, calcolare la lunghezza e la sezione di questo. Prima di procedere al calcolo si deve fissare il rendimento globale dell'apparecchio il quale, come abbiamo detto, sarà tanto migliore quanto più razionalmente si costruirà l'apparecchio elettro-termico e quanto migliori saranno le condizioni esterne.

Esempio:

Si voglia calcolare l'elemento riscaldante per un fornello elettrico capace di far bollire un litro d'acqua in ¼ d'ora.

La tensione di alimentazione è di 150 volts.

Trattandosi di fornelli il rendimento è molto basso e si può ammettere eguale a 0,50. Supposta la temperatura iniziale dell'acqua di 5°, per quanto abbiamo detto definendo la caloria, la quantità di calore in calorie che si deve produrre sarà:

$$Q = \frac{100° - 5°}{0{,}50} = 190$$

sapendo che l'acqua bolle a 100°.

Il numero di Watt-ore sarà: (v. pag. 66)

$$190 \times 1{,}158 = 220 \text{ circa}$$

e quello dei Watts per ¼ d'ora:

$$\frac{220}{1/4} = 880$$

l'intensità della corrente risulta:

$$I = \frac{880}{150} = 5{,}9 \text{ amp}$$

quindi la resistenza del filo deve essere:

$$R = \frac{150 \text{ v}}{5{,}9 \text{ A}} = 25{,}2 \text{ ohms}$$

Adoperando filo di nikel-cromo (Tabella 17) la sua sezione dovrà essere m/m² 0,283 cui corrisponde il diametro di m/m 0,6 e la lunghezza sarà, dato che la resistenza specifica K per il nichel-cromo è uguale circa ad uno (Tabella N. 1):

$$l = \frac{R \times s}{K} = \frac{25{,}2 \times 0{,}283}{1} = \text{m. } 7{,}20$$

Se invece del nikel-cromo si adoperasse l'argentana (Tabella N. 18) il diametro del filo dovrà essere di m/m 0,5, cui corrisponde la sezione di m/m² 0,196. Essendo la resistenza specifica per l'argentana eguale 0,3 circa (Tabella N. 1) si avrebbe:

$$l = \frac{R \times s}{K} = \frac{25{,}2 \times 0{,}296}{0{,}3} = \text{m. } 16{,}60$$

TABELLA XVII.

Nicromo

Diametro in mm.	Sezione in mm.²	Carico necessario in ampère
0.5	0.196	4.5
0.6	0.283	7
0.7	0.385	8.5
0.8	0.503	9.5
0.9	0.636	10
1	0.785	11
1.10	0.950	14
1.5	1.797	18
2	3.14	23
3	7.069	42
4	12.57	60
5	19.64	90

TABELLA XVIII.

Argentana

Diametro in mm.	Sezione in mm²	Carico necessario in ampere
0.5	0.196	5.8
0.7	0.385	8
1	0.785	13
1.5	1.797	18
2	3.14	28
2.5	4.58	39

CAPITOLO IV.

Circuiti derivati

§ 13 — Distribuzione della corrente nei circuiti derivati Principî di Kirchoff - Applicazioni

Fino ad ora abbiamo considerato la trasmissione della corrente in un circuito formato da un solo filo; nei casi pratici però la corrente si distribuisce in molti conduttori che vengono a formare una rete con maglie e nodi (fig. 30).

I princìpi di Kirchoff, che completano le leggi di Ohm, danno la possibilità di calcolare la intensità di corrente in ciascun lato delle maglie, conoscendone la resistenza e la f. e. m. a cui esso è sottoposto.

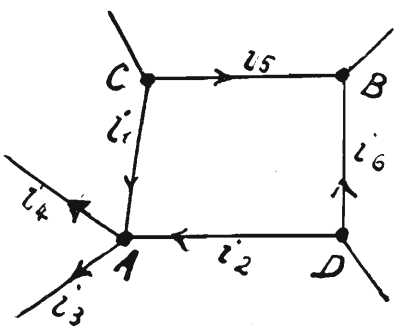


Fig. 30.

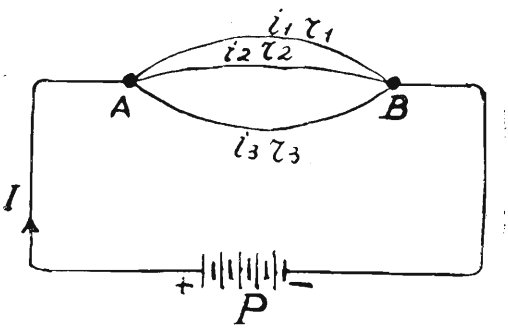


Fig. 31.

Primo principio di Kirchoff:

In un sistema di conduttori a maglie la somma algebrica delle intensità è nulla in ciascun nodo (1).

(1) Circa il senso da attribuire alle correnti che convergono e divergono in un nodo, conveniamo che siano positive le correnti che arrivano al nodo e negative quelle che ne partono.

Se consideriamo il circuito della fig. 31 nel quale P indica un qualsiasi generatore di corrente, evidentemente la intensità I della corrente principale che giunge ad A deve essere uguale alla somma delle intensità i_1, i_2, i_3, delle correnti derivate che partono; cioè per il nodo A si deve avere:

$$I = i_1 + i_2 + i_3$$

ossia

$$I - i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

Secondo principio di Kirchoff:

La somma algebrica delle f. e. m. agenti in un circuito chiuso è uguale alla somma algebrica dei prodotti delle singole intensità per le resistenza dei rispettivi lati.

Riferendoci alla figura 32 e ricordando quanto fu precedentemente detto, ammettiamo di avere un circuito a maglia in ognuno dei cui lati sia applicato un generatore.

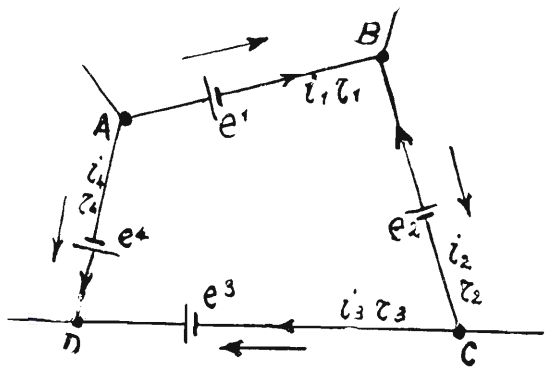


Fig. 32.

Indichiamo con V_A, V_B, V_C, V_D, i potenziali dei quattro vertici e supponiamo che le frecce poste accanto ai conduttori rappresentino la direzione delle f. e. m. agenti mentre quelle poste sui conduttori rappresentino il senso delle correnti.

Circa il senso da attribuire alle correnti ed alle f. e. m. che agiscono nel circuito chiuso conveniamo che siano positive le correnti che vanno nel senso del moto delle lancette dell'orologio e negative le correnti in senso contrario; diamo allora il senso positivo alle f. e. m. che agiscono nel senso delle correnti positive e quello negativo alle f. e. m. che agiscono nel senso delle correnti negative.

Applicando la legge di Ohm avremo:

$$V_A - V_B + e_1 = - i_1 r_1$$
$$V_B - V_C + e_2 = - i_2 r_2$$
$$V_C - V_D + e_3 = - i_3 r_3$$
$$V_D - V_A - e_4 = - i_4 r_4$$

e sommando fra loro queste equazioni si ha:

$$e_1 + e_2 + e_3 - e_4 = i_1 r_1 - i_2 r_2 - i_3 r_3 - i_4 r_4$$

Veniamo adesso a qualche applicazione delle leggi di Ohm e di Kirchoff a circuiti varii:

Raggruppamento delle resistenze.

Più resistenze si possono raggruppare in due modi:

1.° *Resistenze in serie* (fig. 33).

Si abbiano *n* resistenze in prosecuzione l'una dell'altra in modo che la corrente di un generatore sia obbligata ad attraversarle successivamente. Si

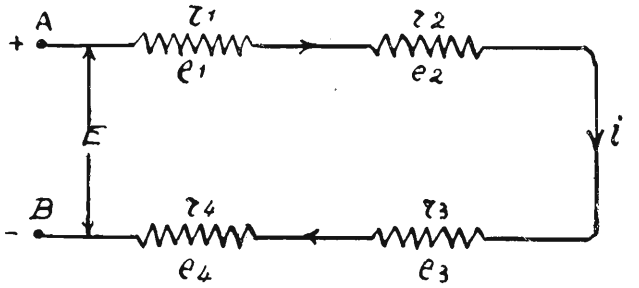


Fig. 33.

dice in tal caso che le resistenze sono collegate *in serie*. L'intensità che le attraversa, di valore *i*, è costante e siano r_1, r_2, r_3 .... i valori delle resistenze ed e_1, e_2, e_3 .... le diverse cadute di tensione agli estremi; per la legge di Ohm avremo:

$$e_1 = r_1 i \qquad e_2 = r_2 i \qquad e_3 = r_3 i \ldots.$$

la caduta complessiva agli estremi sarà:

$$E = e_1 + e_2 + e_3 \ldots..$$

e sostituendo ad e_1, e_2, e_3 il loro valore avremo:

$$E = i\,r_1 + i\,r_2 + i\,r_3 \ldots\ldots \text{ da cui}$$
$$E = i\,(r_1 + r_2 + r_3 \ldots\ldots)$$

e chiamando con R la somma delle diverse resistenze avremo:

$$E = i\,R$$

ossia potremo enunciare il principio:

Più resistenze in serie equivalgono ad una unica resistenza il cui valore è la somma delle resistenze parziali.

2.° *Resistenze in parallelo* (fig. 34).

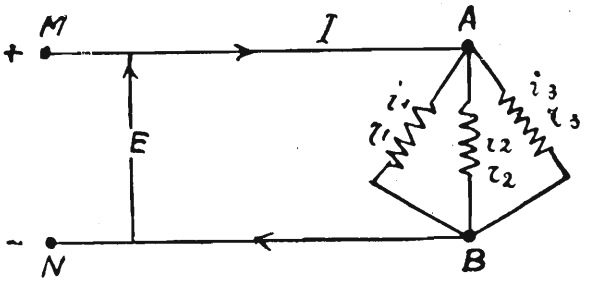


Fig. 34.

Siano più resistenze r_1, r_2 r_3..... intercalate fra i punti A e B in modo che la corrente I debba passare contemporaneamente tra le n resistenze generando delle *correnti derivate* per poi di nuovo ricongiungersi in una sola. Le n resistenze si dicono in *parallelo* o in *derivazione*.

Indicando con E la differenza di potenziale costante fra gli estremi M ed N connessi alle resistenze, si ha:

$$E = r_1\,i_1 \qquad E = r_2\,i_2 \qquad E = r_3\,i_3 \ldots\ldots \text{ da cui}$$
$$i = \frac{E}{r_1} \qquad i_2 = \frac{E}{r_2} \qquad i_3 = \frac{E}{r_3} \ldots\ldots$$

e sapendo per il primo principio di Kirchoff, applicato al nodo A, che la somma delle intensità convergenti nel nodo è uguale alla somma di quelle che partono dal punto e cioè

$I = i_1 + i_2 + i_3 + \ldots\ldots$ si ha sostituendo ad i_1, i_2, i_3 ..... il loro valore

$$I = \frac{E}{r_1} + \frac{E}{r_2} + \frac{E}{r_3} + \ldots\ldots\ldots \text{ da cui}$$

$$I = E\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \ldots\ldots\right)$$

Chiamando con R una resistenza *equivalente* al fascio delle n resistenze primitive avremo:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \ldots\ldots$$

la quale eguaglianza ci dice che la *conducenza di un conduttore equivalente a più conduttori deve essere eguale alla somma delle conducenze dei singoli conduttori.*

Se le resistenze sono tutte eguali ad r avremo:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \ldots\ldots = \frac{n}{r} \text{ da cui}$$

$$R = \frac{r}{n}$$

e questa relazione ci dice che il *conduttore unico equivalente a n conduttori eguali ha una resistenza n volte minore di quella di uno qualunque dei conduttori derivati.* In altre parole: *aumentando le derivazioni in un circuito la resistenza complessiva diminuisce.* Derivando, ad esempio, delle lampadine tra due fili la resistenza complessiva si abbassa e quindi si eleva la corrente totale. Se invece si mettessero le lampadine in serie fra loro la resistenza complessiva andrebbe aumentando.

Un caso particolare si ha quando le resistenze sono eguali ed in numero di due perchè allora si ha:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} = \frac{r + r}{r^2} = \frac{2r}{r^2}$$

e cioè: la resistenza totale del conduttore equivalente è uguale alla somma delle resistenze singole dei due conduttori divisa per il loro prodotto.

Esempio (fig. 35).

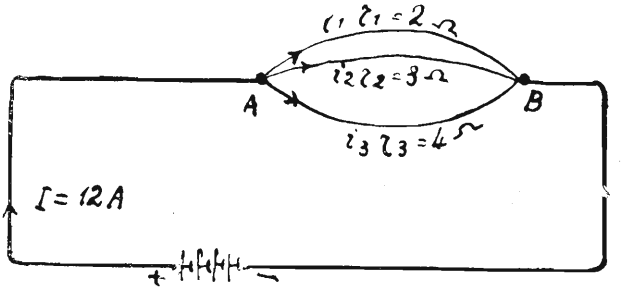


Fig. 35.

Una corrente di 12 A si suddivide nel punto A, percorrendo i tre rami le cui resistenze sono:

$$r_1 = 2\,\Omega,\ r_2 = 3\,\Omega,\ \text{ed}\ r_3 = 4\,\Omega$$

Determinare:

a) la differenza di potenziale fra A e B;
b) l'intensità di corrente in ciascun ramo;
c) la resistenza totale fra A e B.

Soluzioni

a) Le intensità di corrente nei tre rami sono:

$$i_1 = \frac{V}{r_1}, \quad i_2 = \frac{V}{r_2}, \quad i_3 = \frac{V}{r_3}.$$

Sappiamo però che

$$I = i_1 + i_2 + i_3 \text{ quindi } I = V\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}\right) = 12; \text{ cosicchè}$$

$$V = \frac{12}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4}} = \frac{12}{\frac{13}{12}} = \frac{144}{13} = 11{,}11 \text{ V}$$

b) $$i_1 = \frac{V}{r_1} = \frac{11{,}11}{2} = 5{,}5 \text{ A.};$$

$$i_2 = \frac{V}{r_2} = \frac{11.11}{3} = 3{,}7 \text{ A.} \qquad i_3 = \frac{V}{r_3} = \frac{11{,}11}{4} = 2{,}8 \text{ A.}$$

c) Essendo $\frac{V}{R} = V\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}\right)$ e in generale

$$\frac{I}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \ldots\ldots$$

nel nostro caso sarà

$$\frac{I}{R} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} = \frac{13}{12}$$

da cui

$$R = \frac{12}{13}\ \Omega = 0{,}9\ \Omega.$$

CAPITOLO V.

Elettrostatica

§ 14 — Cariche elettrostatiche

Fondamento delle odierne cognizioni in tutti i rami dell'elettricità è il seguente notissimo fenomeno: se si strofina con un panno di lana un pezzo di ambra essa attrae i corpi leggeri (ad esempio, piccoli ritagli di carta, frammenti di midollo di sambuco, ecc.), i quali si trovano in sua vicinanza. Certo questo fatto è ben poca cosa di fronte alla gigantesca potenza delle odierne macchine elettriche; però fu questo il primo passo che l'ingegno umano fece sulla via che lo condusse poi a conoscere ed a soggiogare la più meravigliosa forma di energia.

Gli stessi fenomeni di attrazione, oltre che dall'ambra sono presentati anche da altre sostanze come, per esempio, il vetro, l'ebanite, la ceralacca, ecc.

Dal nome greco *electron* che vuol dire ambra, furon chiamati fenomeni di elettricità i fenomeni di attrazione già notati, ed in particolare *elettricità* la causa di questi.

Si dicono *elettrizzati* i corpi nei quali per effetto dello strofinio, nasce dell'elettricità; acquistano cioè una *quantità di elettricità* od una *carica elettrica*, e si comportano come il bastoncino di ambra strofinato. Le attrazioni che si manifestano sono dette *forze elettriche*. Un corpo che non sia elettrizzato si trova allo *stato neutro*.

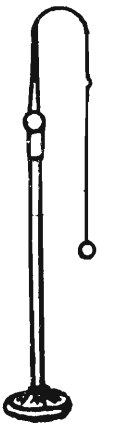


Fig. 36.

La fig. 36 mostra un apparecchio molto semplice detto *elettroscopio* il quale permette di rendere evidenti i fenomeni di attrazione di cui stiamo parlando. Ad un supporto di vetro o di ebanite fissiamo, a mezzo di un filo di seta, una leggera sferetta di midollo di sambuco, o di carta, o di altro materiale purchè leggerissimo, di circa un cm. di diametro. Se strofiniamo con un panno di lana una bacchetta di vetro ben asciutta e la avvi-

ciniamo alla pallina del nostro apparecchio, questa è attirata vivacemente dal vetro con cui viene a contatto. Tale contatto dura, però, qualche breve istante ed è seguìto da una repulsione; nè riusciremo più a fare riaccostare la pallina alla bacchetta.

Il comportamento dei metalli invece è diverso: prendiamo due bacchette piuttosto lunghe, una di vetro e l'altra di metallo, e strofiniamole entrambe con un panno di lana ad una sola estremità e quindi avviciniamo l'elettroscopio in varie zone. Nella bacchetta di vetro l'attrazione si manifesta solo nella zona dello strofinio, mentre nella bacchetta metallica l'attrazione si manifesta in tutta la lunghezza della bacchetta, il che ci dimostra la *propagazione* dello stato elettrico.

Se noi tocchiamo con un dito in un posto qualsiasi, la bacchetta di vetro elettrizzata, lo stato elettrico permane nella zona non toccata, mentre che invece, se tocchiamo quella metallica, la carica elettrica svanisce totalmente. Questo ci dice che l'elettricità si propaga dalle bacchette, attraverso di noi, ai corpi con cui siamo a contatto e quindi alla *terra*. Ma c'è di più:

Con una bacchetta di vetro elettrizzata tocchiamo la sferetta di sambuco di un elettroscopio; come già sappiamo si verificherà prima un'attrazione seguita poi da repulsione. Dopo di questo elettrizziamo una bacchetta di ebanite o di ceralacca ed accostiamola alla medesima sferetta che poco prima era *respinta* dal vetro. Si noterà una viva *attrazione*. In altre parole la sferetta dell'elettroscopio, dopo essere stata prima attratta e poi respinta dal vetro, è attirata dall'ebanite elettrizzata. Questo esperimento ci dimostra:

1° che la sferetta di sambuco, venendo a contatto con un corpo elettrizzato acquista una carica elettrica cedutale dal corpo stesso, e che le due cariche elettriche, quella del corpo e quella che dal corpo è passata alla sferetta, si respingono. Essendo evidentemente le due cariche della stessa specie, perchè della stessa origine, si deduce che *cariche elettriche di eguale specie si respingono.*

2° che la sferetta di sambuco, elettrizzata dalla bacchetta di vetro, viene attratta dalla bacchetta di ebanite. Non essendo evidentemente le due cariche della stessa specie, si deduce che *cariche elettriche di specie diversa si attraggono.*

Si è convenuto di chiamare elettricità *vitrea o positiva* quella dei corpi che si comportano come il vetro strofinato con la lana ed elettricità *resinosa o negativa* quella dei corpi che si comportano come l'ebanite strofinata con la lana.

Da quanto è stato esperimentato dedurremo pure che: *cariche di nome uguale si respingono e cariche di nome contrario si attraggono.*

Il fisico Coulomb trovò, dopo lunghi e pazienti esperimenti, le leggi che regolano le azioni attrattive e repulsive elettriche.

La legge fondamentale che Coulomb trovò si enuncia così:

La forza che due corpi elettrizzati esercitano l'uno sull'altro è uguale al prodotto delle loro quantità di elettricità divise per il quadrato della loro distanza - La legge si esprime con la formula:

$$F = K \frac{Q_1 \times Q_2}{d^2}$$

dove F è la forza elettrica attrattiva o repulsiva, K è una costante che dipende dal mezzo in cui sono immersi i due corpi elettrizzati, Q_1 e Q_2 sono la cariche elettriche di ciascun corpo e d è la distanza tra i centri dei due corpi.

In seguito a questa legge quantitativa si può definire come *unità di quantità elettrica* la carica o quantità di elettricità che attrae o respinge una uguale carica alla distanza di 1 centimetro con la forza di una dine (1). Questa unità elettrostatica è molto piccola per la misura delle comuni quantità di elettricità quando si considera il moto di queste lungo i conduttori per cui in elettrodinamica viene usato il *Coulomb* che corrisponde a 3 miliardi di unità elettrostatiche.

L'esperienza dimostra che la carica elettrica si distribuisce tutta alla *superficie del corpo elettrizzato*. Possiamo anche immaginare che questa carica avvolga i conduttori come in una atmosfera: non perchè questo corrisponda alla realtà, ma unicamente per una finzione che faciliti la comprensione dei fatti. Questa carica non si distribuisce uniformemente sulla superficie dei corpi ma secondo la loro forma e secondo la loro posizione reciproca. In una sfera isolata e lontana da altri conduttori lo spessore di questa atmosfera è costante, ossia la carica si trova distribuita in modo uniforme: in ogni altro caso varia da punto a punto e mostra la tendenza ad essere maggiore nelle parti più accuminate. Chiamasi *densità elettrica* la quantità di elettricità per unità di superficie.

Esiste un modo facile per potere indagare la specie della carica distribuita su di un conduttore mediante l'uso delle cosidette *polveri elettroscopiche*.

La miscela più comune è formata in parti uguali di polvere di minio (rossa) e di zolfo (gialla) mescolate intimamente fra di loro. Proiettando la miscela sul conduttore in esame le polveri si elettrizzano di elettricità di specie

---

(1) *Dine* unità di forza, è definita come quella forza che imprime alla massa di un grammo l'accelerazione di un centimetro.

diversa e propriamente il minio positivamente e lo zolfo negativamente. Si disponga in prossimità (fig. 37) di un conduttore A carico, ad esempio, positivamente un secondo conduttore B, isolato e si proietti su ambedue una certa quantità di polvere elettroscopica. Noteremo subito che mentre il conduttore A acquista una colorazione, competente alla sua carica elettrica, nel conduttore B invece appariranno due colorazioni: rossa nella zona più lontana ad A, e la gialla nella zona più vicina. Allontanando sufficientemente il corpo A, il corpo B non manifesta più alcun fenomeno elettrostatico; e cioè tornato allo stato neutro. Questa esperienza ci dimostra che: *ogni qualvolta un conduttore isolato trovasi in prossimità di un corpo elettrizzato, per il solo fatto della presenza di questo corpo, acquista, in due zone distinte della sua superficie, e propriamente nella zona più vicina ed in quella più lontana, due cariche elettriche diverse. La carica di nome eguale è quella della zona più lontana. La carica svanisce se si allontana il corpo elettrizzato.*

Questo fenomeno è detto *induzione elettrostatica*, ovvero *elettrizzazione per influenza.*

Lo spazio ove si risentono le azioni elettrostatiche di un corpo elettrizzato si chiama *campo elettrostatico* o *campo elettrico* di quel corpo.

I corpi elettrizzati o cariche elettriche che si trovano nell'ambiente di un campo elettrico sono sollecitati a muoversi da forze di attrazione o repulsione. Per aiutare la mente a concepire e, diremo così, materializzare un campo elettrico si è pensato di raffigurarlo con tante *linee dette di forza* le quali partendo dalla superficie di un corpo elettrizzato si irradiano nello spazio. Ogni linea rappresenta la traiettoria (fig. 38) che seguirebbe un punto

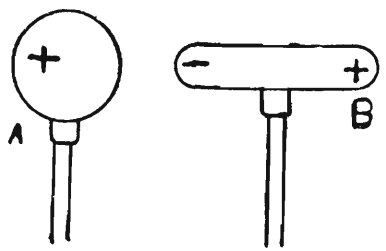


Fig. 37.

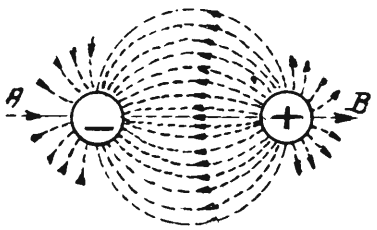


Fig. 38.

elettrizzato per muoversi nel campo. L'insieme delle linee di forza costituisce un *flusso di forza.*

Da quanto si è venuto esponendo si deduce che, nell'ambito di un campo elettrico, ogni carica rappresenta una riserva di energia che si dice *potenziale.* Infatti se abbandoniamo a sè stessa la carica essa verrà attratta o re-

spinta insieme al corpo che la porta e nello stesso tempo fornirà energia meccanica. Viceversa se trasportiamo una carica in opposizione alla forza che la sollecita nel campo dovremo spendere del lavoro; questo lavoro andrà ad accumularsi nel corpo portante la carica. Per avere un'idea comparativa del modo con cui si distribuisce l'energia potenziale nei punti di un campo elettrico si usa riferirla a quella che possiederebbe ciascun punto se in esso fosse concentrata l'unità di quantità di elettricità o Coulomb. Questa energia si chiama il *potenziale* di quel punto. Così, ad esempio, movendo una carica unitaria lungo la linea di forza da un punto A ad un punto B, il lavoro reso o speso sarà espresso dalla differenza fra il potenziale che il punto aveva in A e quello che avrà allorchè giunto in B. L'unità di misura del potenziale è il volt.

Per finire il paragrafo diremo che la terra è un corpo conduttore assai migliore di qualsiasi altro che noi si possa isolare. Mettendo un conduttore elettrizzato, sia pure fortemente, in comunicazione con la terra, si ha un movimento di elettricità che dura fino a quando i potenziali del conduttore e della terra non si sono uguagliati. Data però la enorme massa della terra il potenziale di questa resta praticamente costante. Per convenzione si è stabilito di chiamare *zero* il potenziale costante della terra. *Tutti i conduttori a contatto con il suolo sono a potenziale zero, ossia allo stato neutro.* Ogni potenziale *più alto* di quello della terra è chiamato *positivo*, mentre ogni potenziale *più basso* è chiamato *negativo*.

§ 15 — **Elettricità atmosferica**

Da tempo è stato constatato un fenomeno importante, e cioè che esiste un campo elettrico atmosferico il cui potenziale aumenta man mano che innalzandosi, ci allontaniamo dalla superficie terrestre.

Come conseguenza di ciò, l'atmosfera risulta elettrizzata positivamente rispetto alla superficie terrestre. Il fenomeno più comune dovuto alla elettricità atmosferica è costituito dalle *scariche elettriche* che si hanno fra nube e nube o fra nube e terra durante i temporali e che vengono chiamate *lampi* nel primo caso, *fulmini* nel secondo. Molto si è discusso sull'origine dell'elettrizzazione delle nubi senza venire ad una dimostrazione precisa. Pare però che contemporaneamente vi contribuiscano l'evaporazione delle acque (ipotesi del Volta), lo strofinio delle goccioline di acqua nell'atmosfera, ecc. — I lampi di calore che si notano in estate, anche con cielo limpido, pare siano dovuti a scariche lontanissime fuori del limite del nostro orizzonte. Per definire il concetto di *scarica* diremo che l'esperienza dimostra non solo come

l'elettricità si distribuisca sulla superfice dei conduttori, ma come essa tenda ad espandersi, quasi ad ammettere le dimensioni del corpo elettrizzato. Infatti, se si elettrizza una bolla di sapone, essa aumenta di volume sino a che la tensione della pellicola liquida non fa equilibrio alla forza di espansione dell'elettricità che vi abbiamo portato. Questa forza di espansione per cui l'elettricità tende a diffondersi come un gas compresso, dicesi *pressione elettrica*, ed è massima in quelle parti del conduttore che sono più accuminate e nelle quali perciò vi è maggior facilità di dispersione della carica.

Questo comportamento delle parti accuminate di un conduttore viene chiamato il *potere delle punte.*

Quando la pressione fra le cariche di segno contrario sopra due corpi elettrizzati uno in presenza dell'altro, come, per esempio, fra la terra a potenziale zero ed una nube a potenziale positivo, raggiunge un certo limite, le cariche stesse si combinano repentinamente dando luogo a ciò che si chiama una *scarica elettrica.*

Il tuono che accompagna i fulmini è il rumore dovuto alla scarica, ed è provocato dalla istantanea dilatazione dell'aria nel cammino della scarica e del suo ritorno nel vuoto rimasto. Ad ovviare gli effetti dannosi del fulmine, che si manifestano con incendii, squarciamento di muri, uccisione di esseri viventi, ecc., il fisico Franklyn ideò l'uso dei *parafulmini* (fig. 39) i quali sono

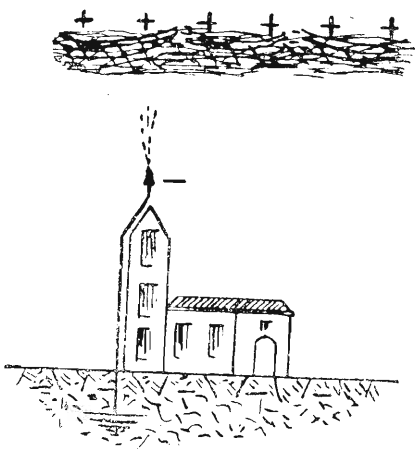


Fig. 39.

basati sul principio del potere delle punte. Essi, nella loro forma più semplice, sono delle aste conduttrici, accuminate in alto, poste alla sommità degli edifici da proteggere, ed in buona comunicazione metallica con la terra.

Se una nube temporalesca, carica positivamente, passa su di un edificio

munito di parafulmine, nella zona del suolo e lei sottostante si manifestano per induzione delle cariche negative (fig. 39); la tensione sarà maggiore nelle zone accuminate dei conduttori, tra i quali il parafulmine, e perciò si avrà un continuo eflusso di cariche elettriche negative verso la nube, eflusso che nelle notti oscure di tempesta diviene visibile sotto forma di pennacchi violacei rivolti verso il cielo, noti con il nome di *fuochi di S. Elmo*. La nube tende perciò a scaricarsi per l'effetto di questo movimento di cariche. La differenza di potenziale tra nube e terra può però giungere ad un valore elevatissimo ed allora si ha la scarica la quale colpisce, in generale, il parafulmine ed attraverso la conduttura metallica, viene convogliata direttamente alla terra, preservando dalla rovina l'edificio.

§ 16 — **Capacità elettrostatica**

Abbiamo già accennato che l'elettricità si comporta nel fenomeno della pressione elettrostatica come un gas compresso. La quantità di un gas qualsiasi, per esempio aria, che si può accumulare in un recipiente dipende dalla pressione a cui si comprime il gas e dalla capacità del recipiente. Analogamente la quantità Q di elettricità che si può accumulare sopra un conduttore isolato e sottratto ad ogni altra azione elettrica, dipende dalla tensione V, e da una quantità C, costante per un dato conduttore, che si chiama la sua *capacità*: risulta cioè che la *quantità di elettricità che si può accumulare sopra un conduttore è proporzionale al prodotto della capacità del conduttore stesso per la differenza di potenziale*, ciò che si esprime colla formula:

$$Q = C \times V$$

Se in questa formula poniamo V = 1, abbiamo C = Q cioè: *la capacità di un conduttore è la quantità di elettricità che il conduttore isolato può ricevere sotto una differenza di potenziale eguale ad uno.*

L'*unità di capacità* è la capacità di un conduttore che può accumulare un Coulomb sotto differenza di potenziale di un volt; questa unità dicesi *faraday*; la formula precedente si può trascrivere:

$$Q \text{ (coulomb)} = C \text{ (faraday)} \times V \text{ (volt)}$$

Questa unità è eccessivamente grande per le misure ordinarie, nelle quali viene perciò adottato il *microfaraday* equivalente ad un milionesimo di faraday.

Anche per la capacità possiamo ricorrere ad una analogia con i fenomeni idrostatici (fig. 40).

Paragoniamo i conduttori isolati a recipienti: la capacità C può paragonarsi alla superficie del fondo del recipiente, supposto di sezione costante e per esempio cilindrica, il potenziale V, come al solito, al livello del liquido e la carica Q alla quantità di liquido contenuta nel recipiente.

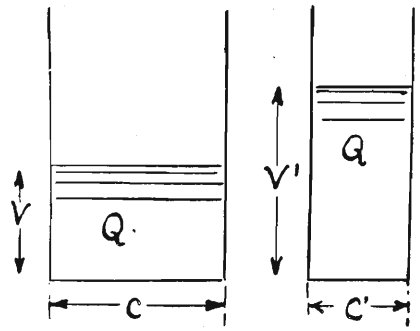


Fig. 40.

Con questa analogia è evidente anzitutto che il livello del liquido (potenziale) per uno stesso recipiente (conduttore isolato) è proporzionale alla quantità di liquido (carica). E' anche chiara la relazione:

Quantità di liquido = superficie fondo recipiente × altezza del liquido.

Da cui:

$$\frac{\text{Quantità di liquido}}{\text{superficie fondo recipiente}} = \text{altezza del liquido}$$

e riportandoci alle grandezze elettriche, avremo

$$\frac{Q}{C} = V$$

il che ci dice come un *conduttore può assumere un potenziale tanto più alto quanto minore è la sua capacità.* Infatti è evidente che una quantità di liquido raggiunge un livello tanto più elevato quanto minore è la sezione del recipiente (fig. 40).

§ 17 — **Condensatori**

Si dice *condensatore* un sistema di due superfici metalliche separate da un isolante il quale prende nome di *dielettrico*. Supponiamo di avere due dischi metallici (fig. 41), paralleli e affacciati l'uno all'altro, isolati, l'uno in comunicazione con una macchina elettrica e *l'altro con la terra*.

I due dischi si chiamano *armature* del condensatore. Se il disco A ha ricevuto una carica +, sul disco B, per induzione, si formerà una carica di

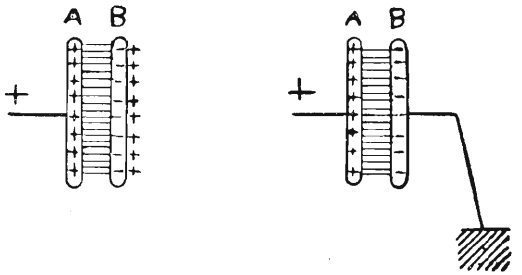


Fig. 41.

segno — nella parte più vicina e nella parte più lontana una carica di segno +: quest'ultima sfugge nel suolo, così che la carica + A del primo conduttore (inducente) si trova sottoposta all'attrazione della carica — A del secondo conduttore (indotto). Avremo quindi un richiamo delle cariche di A nel disco prospiciente B; A perciò può ricevere una nuova quantità di elettricità ossia la sua capacità è aumentata. Si dimostra che questo aumento di capacità è tanto più grande quanto maggiore è la superficie delle armature e quanto più esse sono vicine.

L'armatura sulla quale si distribuisce la carica negativa si chiama *armatura negativa* e quella sulla quale si distribuisce la carica positiva si chiama *armatura positiva*.

Conviene spesso, come si è già detto per le resistenze, accoppiare i condensatori in serie od in parallelo. La capacità del sistema risultante però non è espressa, come vedremo, dalle stesse relazioni che valgono per le resistenze.

§ 18 — Condensatori in parallelo o loro accoppiamento

La fig. 42 rappresenta tre condensatori riuniti in parallelo. La stessa differenza di potenziale è applicata a tutti i condensatori, e la quantità di elettricità accumulata da ciascuno di essi è proporzionale alla rispettiva capacità ($Q = C \times V$). Poco fa abbiamo detto che la capacità di un condensatore dipende ed è proporzionale alla superficie delle armature: riunire i condensatori in parallelo equivale semplicemente ad aumentare l'area delle armature. Se con C_1, C_2, C_3, ecc. indichiamo rispettivamente le singole capacità dei vari condensatori, e C rappresenta la capacità equivalente dell'intero gruppo, possiamo scrivere: $C = C_1 + C_2 + C_3$, ecc.

L'accoppiamento dei condensatori in parallelo dà sempre luogo ad una capacità maggiore di quella di ogni singolo elemento del sistema.

§ 19 — Condensatori in serie e loro accoppiamento

Se diversi condensatori sono collegati come indica la fig. 43, si dice che sono accoppiati in serie. Per trovare la capacità equivalente per un raggruppamento di questo tipo, bisogna tener presente che ciascun condensatore ri-

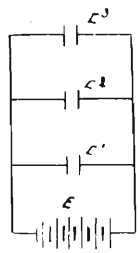


Fig. 42.

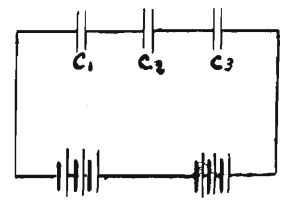


Fig. 43.

ceve la stessa carica, e che la tensione totale E è suddivisa fra i condensatori in ragione diretta delle loro capacità. Possiamo quindi scrivere:

$$E = E_1 + E_2 + E_3, \text{ ecc.}$$

dove con E_1, E_2, E_3, ecc. si indica la tensione di ciascun elemento.

Siccome però:

$$E = \frac{Q}{C}, \quad E_1 = \frac{Q}{C_1}, \quad E_2 = \frac{Q}{C_2}, \quad E_3 = \frac{Q}{C_3}$$

avremo

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} + \ldots\ldots$$

e quindi

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots\ldots$$

da cui potremo enunciare che: *l'accoppiamento in serie dei condensatori dà sempre luogo ad una capacità minore di quella di ogni singolo condensatore del gruppo.*

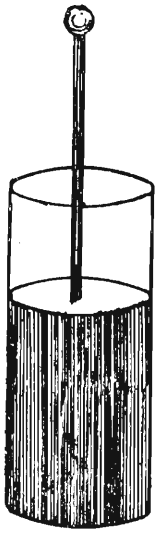


Fig. 44.

In generale i condensatori si classificano in due categorie, secondo che sono atti: a) a bassa tensione minore di 500 volts, o b) ad alta tensione del valore di parecchie migliaia di volt. Con l'aumentare della superficie delle armature tendono ad aumentare la grossezza ed il peso del condensatore. Se le due armature si pongono vicinissime fra loro, e la tensione applicata è elevata, occorre impiegare un dielettrico di alto potere dielettrico. Il condensatore tipo, oggi usato nelle esperienze di laboratorio, è la *bottiglia di Leida* (fig. 44) la quale consta di una semplice boccia a collo largo e di un bicchiere di vetro, avente incollate internamente ed esternamente due lamine di stagnola sino ad una certa distanza dall'orlo. L'armatura intera funziona da armatura condensante ed è a contatto con un conduttore isolato terminante superiormente con una sfera. Se il condensatore è carico ed alle due armature si avvicinano gli estremi di un arco metallico, chiamato *scaricatore*, si possono ottenere nutrite scintille di scarica con un caratteristico schioppettio. Nelle industrie si usano condensatori formati da fogli di stagnola o sottili lamine di alluminio disposte alternativamente con fogli di carta paraffinata o di mica. I fogli di ordine pari sono comunicanti fra loro e formano l'armatura condensante ed i fogli di posto dispari formano l'armatura comunicante con la terra. In generale questo insieme è racchiuso in una cassetta di legno entro cui si versa della paraffina fusa (fig. 45). Per molti usi, in particolar modo per la radiotelegrafia, si costruiscono condensatori a capacità variabile (fig. 46) formati da più lamine a settore circolare sovrapposte e parallele fra loro, sostenute da un asse metallico verticale, isolato, che si può far ruotare

a mano, a mezzo di una apposita manopola munita di indice scorrevole lungo una graduazione. Questi condensatori si chiamano *ad aria* perchè il dielet-

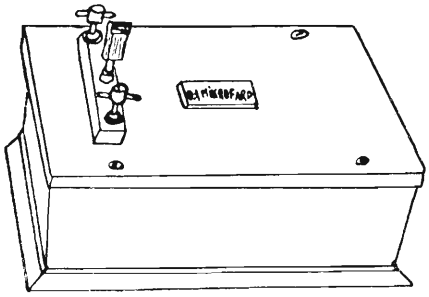


Fig. 45.

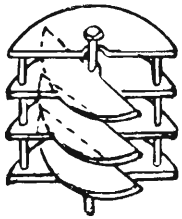


Fig. 46.

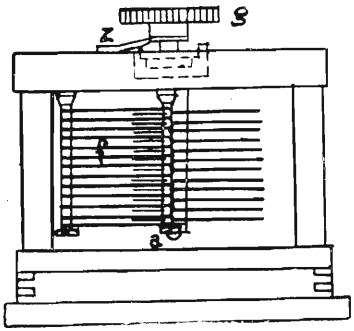


Fig. 47.

trico è aria. Le lamine (di ottone o di alluminio) possono, con il ruotare, trovarsi più o meno prese in una analoga serie di lamine simili, fisse, disposte alternativamente con le prime (fig. 47).

§ 20 — **Dielettrici e coibenti**

La carica che può essere accumulata in un condensatore dipende:

1° dalla differenza di potenziale applicata al condensatore;

2° dalla natura del dielettrico.

Mentre la prima ragione è ovvia per quanto abbiamo già detto in precedenza, una semplice esperienza può dimostrare la seconda e precisamente che la carica elettrica per una data tensione applicata e per una ben determinata distanza fra le armature, dipende dalla natura del dielettrico.

Carichiamo le due armature di un condensatore avente come dielettrico aria secca, ad una certa tensione e misuriamo con mezzi opportuni la carica del condensatore. Poniamo quindi fra le due armature una lastra di paraffina; troveremo che, per la medesima differenza di potenziale applicata, la carica è cresciuta. Indicando con Ca, la capacità con aria e con Cp la capacità con paraffina potremo scrivere:

$$\frac{Cp}{Ca} = K$$

dove K è una costante. Si vede come, con il semplice cambiamento del dielettrico e senza variare la disposizione geometrica delle armature, la capacità è aumentata. L'aria si usa comunemente come termine di paragone, ed il fattore K si dice *costante dielettrica del materiale. La costante dielettrica* di una data sostanza si può quindi definire come *il rapporto fra la capacità di un condensatore avente questa sostanza come dielettrico, e la capacità dello stesso condensatore, avente come dielettrico l'aria.*

Nella tabella N. 19 che segue, sono riportati i valori della costante dielettrica di vari dielettrici.

TABELLA XIX.

DIELETTRICI	Valori della costante dielettrica
Vuoto - aria - gas	1
Carta asciutta	1.5
Carta (trattata come si usa nei cavi)	4
Paraffina	da 2 a 3.3
Ebanite	da 2 a 3.2
Petrolio	2.1
Olio per trasformatori	2.5
Mica	da 4 a 8
Vetro	da 4 a 10
Acqua	81
Cristallo	6.5

Da quanto abbiamo detto possiamo riassumere che la capacità di un condensatore dipende dalla costante dielettrica del materiale dielettrico, dalla superficie delle armature, e dalla distanza fra una armatura e l'altra. Chiamando con S la predetta superficie espressa in cm.^{2}, con d la distanza fra le due armature espressa in cm. e con K la costante dielettrica, ed essendo π una costante di valore uguale a 3,14, la seguente formula della quale tralasciamo la dimostrazione, dà il valore della capacità:

$$C = K \frac{S}{4 \pi d}$$

I dielettrici hanno una grande importanza nelle applicazioni elettriche, perchè servono ad isolare i corpi elettrizzati, per lo più fili percorsi da corrente, dai corpi conduttori attraverso i quali l'elettricità si aprirebbe un passaggio e si disperderebbe. Per questo loro compito di isolare i corpi elettrizzati, i dielettrici prendono più comunemente il nome di *isolanti* o *coibenti*, dei quali è stato già ampiamente parlato.

CAPITOLO VI.

Elettrochimica

§ 21 — Trasmissione dell'elettricità attraverso gli elettroliti - Elettrolisi

Fino a questo punto noi abbiamo esaminato i fenomeni che si compiono nei corpi solidi, specialmente metallici, al passaggio della corrente. Vogliamo ora mettere in evidenza quanto si riferisce ai corpi liquidi, i quali si dividono, come i solidi, in *conduttori* ed in *coibenti*. Tralasciamo per il momento i coibenti e prendiamo in esame i liquidi conduttori, ai quali è stato dato il nome di *elettroliti* e che sono in generale gli acidi, le basi, le soluzioni di acidi e di sali. Come abbiamo detto, questi elettroliti trasmettono la corrente ma, al passaggio dell'elettricità, oltre all'effetto Joule, subiscono una decomposizione nella loro costituzione molecolare; questa decomposizione dicesi *elettrolisi*. Si chiamano *ioni* i due gruppi risultanti dalla decomposizione e più precisamente *anione* il gruppo che si porta sull'elettrodo positivo o *anodo*, e *catione* il gruppo che si porta sull'elettrodo negatico o *catodo*. Un elettrolito assorbe dunque due diverse quantità di energia al passaggio della corrente; una corrispondente alla resistenza chimica che si manifesta in calore, misurata da 1^2 R, dove R si calcola con la formula:

$R = \rho \frac{1}{S}$ essendo ρ dato dalla tab. N. 7 per le soluzioni più comunemente impiegate;

l'altra corrispondente al lavoro chimico che si compie nell'elettrolito misurata dalla quantità di questo lavoro. L'elettrolisi risulta una *trasformazione di energia elettrica in energia calorifica ed in energia chimica o molecolare*. L'apparecchio nel quale avviene la decomposizione molecolare della sostanza, chiamasi *voltametro* e consta (fig. 48) di un bicchiere di vetro di forma cilindrica, attraversato da due sottili fili di platino, terminanti, all'in-

terno, con due piccole lamine dello stesso metallo, dette *elettrodi*, ed all'esterno con due serrafili. In corrispondenza delle due laminette, disposte verticalmente, trovansi sospese due provette graduate.

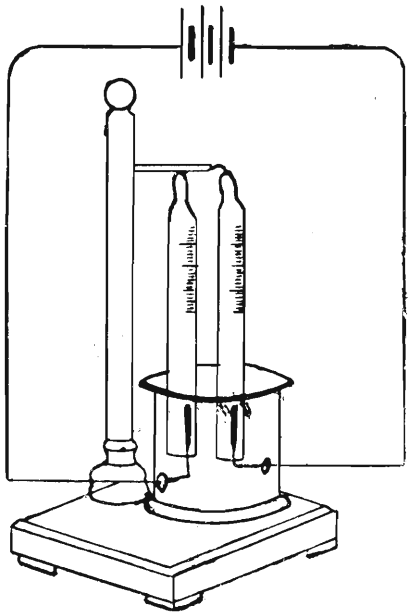


Fig. 48.

Riempiamo la vaschetta con acqua distillata resa acida dall'aggiunta di acido solforico (1) e contemporaneamente riempiamo con lo stesso liquido le due provette; il che potrà farsi levandole dai loro sostegni, riempiendole tenendole capovolte, ed infine rituffandole nel liquido del bicchiere avendo cura di far ciò solo dopo avere provvisoriamente otturata la bocca della provetta con un dito per impedire che nel rovesciamento della provetta il liquido venga a sfuggire. Nelle due provette rimarrà il vuoto. Dopo di ciò congiungiamo i due elettrodi con i poli del generatore di corrente. Non appena il circuito sarà chiuso si noterà un abbondante sviluppo di bollicine gassose in corrispondenza degli elettrodi di platino, bollicine gassose che si raccoglie-

(1) La resistenza specifica dell'acqua è grandissima. L'acqua chimicamente pura può considerarsi come isolante; ma bastano poche traccie di sostanze sciolte in essa, perchè la sua resistenza diminuisca notevolmente e permetta il passaggio di corrente e quindi la propria decomposizione molecolare.

ranno quindi nelle due campanine sovrapposte agli elettrodi. Dei due gas raccolti nelle campane, si potrà constatare che uno è *idrogeno* e uno è *ossigeno* e che questi appunto sono i componenti chimici dell'acqua. Se nel voltametro si pone invece di acqua una soluzione (sale) di rame, o di zinco o di nikel, ecc., si osserverà che, al passaggio della corrente al polo negativo si deposita il metallo formante parte della soluzione, mentre il resto del sale (acido) si concentra intorno al positivo corrodendolo. Le recenti teorie sulla elettrolisi attestano che le molecole dei sali od acidi in soluzione sono formate da aggruppamenti (ioni); gli uni caricati di elettricità positiva, gli altri di elettricità negativa. Ovverosia: gli uni hanno in sè un eccesso di elettroni (elementi negativi costituenti l'elettricità negativa) ed altri una deficienza. Dato che due elettrodi immersi in una soluzione rappresentano due corpi carichi di elettricità opposta, avremo che essi, esercitando una azione di attrazione sugli ioni resi liberi dalla corrente, determineranno nella massa dell'elettrolito una direzione ai movimenti di quelli. Gli ioni carichi di elettricità positiva vengono attratti dal catodo (—), quelli carichi di elettricità negativa dall'anodo (+). Venendo a contatto con gli elettrodi tanto gli uni che gli altri cedono la loro carica. Gli ioni quindi trasportano le cariche elettriche, e la corrente negli elettroliti è quindi dovuta a tale trasporto.

§ 22 — **Leggi elettrochimiche - Applicazioni**

Con la teoria sopra esposta si possono spiegare le leggi (scoperte dal fisico Faraday) che regolano i fenomeni elettrolitici. Anzitutto si vede che essendo il numero delle cariche trasportate proporzionale agli ioni, la quantità di elettricità che in un dato tempo attraversa l'elettrolito sarà proporzionale al peso dei decomposti; viceversa: il peso degli elementi decomposti sarà proporzionale alla quantità di corrente.

Potremo quindi enunciare la *prima legge dell'elettrolisi*:

La quantità di elettrolito decomposto dal passaggio della corrente è direttamente proporzionale alla quantità di elettricità che ha attraversato l'apparecchio elettrolitico. In altre parole, per ogni Coulomb corrisponde un determinato peso di elemento decomposto sopra un elettrodo e sopra l'altro. Questa legge è facilmente verificabile ricorrendo ad un circuito nel quale, oltre che al generatore di corrente ed al voltametro, sia intercalato un reostato ed uno strumento di misura. Si osserverà che raddoppiando la corrente, o triplicandola, ecc., raddoppierà o si triplicherà la quantità dei prodotti raccolti agli elettrodi in uno stesso tempo.

La quantità costante, espressa in grammi, di una data sostanza che si libera dall'elettrolito al passaggio di un coulomb attraverso di questo, *dicesi equivalente elettrochimico di quella sostanza.*

TABELLA XX.

ELEMENTI	Equivalente chimico	Equivalente elettrochimico
Argento	107.93	0.001118
Alluminio	9.033	0.00009354
Idrogeno	1.098	0.00001046
Nichelio	29.35	0.000304
Ossigeno	8	0.000083
Oro	65.74	0.000681
Rame rameici	31.8	0.0003294
Rame rameosi	63.6	0.0006588
Zinco	32.7	0.0003387

Prima di enunciare la seconda legge dell'elettrolisi è necessario ricordare una delle principali leggi della chimica: i corpi semplici si combinano fra di loro non in una proporzione qualsiasi ma sempre secondo determinati rapporti di peso, semplici o multipli. Così un peso determinato d'idrogeno (per es. un grammo) si combina solo con 8 pesi di ossigeno, 16 di zolfo, 35,37 di cloro per formare dei composti ben definiti. A loro volta 8 parti di ossigeno si combinano con 35,37 di cloro, con 23 di sodio, con 39 di potassio, ecc. Questi numeri 1 - 8 - 16 - 35,37 - 23 - 39, ecc., si dicono *equivalenti chimici.* Poichè la trattazione elementare di questo manuale dell'elettricista impedisce di approfondire ulteriormente la presente questione che riguarda principalmente la chimica, rimandiamo lo studioso ai numerosi trattati diffusi in commercio.

In seguito alla definizione di equivalente chimico potremo enunciare la seconda legge dell'elettrolisi:

Se la stessa quantità di elettricità passa attraverso diversi elettroliti, i pesi dei diversi ioni liberati sono proporzionali ai rispettivi equivalenti chimici.

Nella tabella N. 20 sono riportati i valori degli equivalenti chimici e degli equivalenti elettrochimici delle principali sostanze.

Esempio:

Un voltametro con un sale d'argento ha depositato in 30 minuti primi grammi 0,320 di argento. Qual'è l'intensità della corrente passata nel voltametro?

Per depositare grammi 320 di argento occorrono:

$$\frac{\text{peso in grammi}}{\text{equiv. elettroch.}} = \frac{0{,}320}{0{,}001118} = 286 \text{ coulomb.}$$

Essendo un coulomb equivalente ad un ampère al minuto secondo la intensità di corrente in 30 minuti primi, ossia 1800 minuti secondi, sarà:

$$\frac{286}{1800} = 0{,}158 \text{ ampère.}$$

Le applicazioni della elettrolisi sono, nella pratica, svariatissime e possono raggrupparsi:

1° - Deposizioni di metalli sopra altri metalli od oggetti metallizzati. Appartengono a questa classe la *galvanoplastica, la ramatura, la nichelatura, l'argentatura e doratura per via galvanica, l'elettrotipia* per le incisioni sul legno o su metalli.

2° - L'estrazione industriale dei metalli dai minerali e loro raffinazione. Appartengono a questa categoria l'estrazione del rame, dell'oro, dell'alluminio, dello stagno, ecc., la fabbricazione dei tubi e delle lamiere di ferro puro. (*Elettro-metallurgia*).

3° - Preparazione dei composti industriali come, per esempio, la fabbricazione della soda caustica, del cloro, dell'ossigeno, dell'idrogeno, ecc.

4° - Applicazioni di laboratorio chimico come, ad esempio, la determinazione dei composti di alcune soluzioni, il controllo della quantità di corrente e dell'intensità di corrente impiegata in un determinato processo, ecc.

§ 23 — Generalità sulle pile - Polarizzazione e depolarizzazione

Abbiamo detto che l'elettrolisi è un fenomeno di trasformazione di energia elettrica in energia chimica o molecolare; esiste però anche il fenomeno contrario e precisamente: *se si provocano reazioni chimiche in determinate condizioni nell'interno dei liquidi si può ottenere della corrente elettrica.* Tale è il fenomeno che si compie in un apparecchio chiamato *pila.* Vi sono due tipi principali di pile: il primo nel quale gli elementi chimici che lo costituiscono, quando sono esauriti, debbono essere rinnovati e si dice *pila primaria.* L'altro nel quale le sostanze chimiche necessarie possono essere ricostituite mediante un processo di carica, inviando corrente attraverso la pila, e si chiama *pila secondaria od accumulatore.*

Occupiamoci per il momento della pila primaria, la quale è formata da due metalli, immersi in una soluzione acida o salina con la quale i due metalli, od un metallo solo, possono entrare in combinazione (cioè provocare una reazione chimica). All'estremità dei due elettrodi si rivela una differenza di potenziale e se il circuito esterno viene chiuso per mezzo di una resistenza esterna attraverso questa si ottiene un passaggio di corrente continua.

Se i due elettrodi sono per esempio (fig. 49) uno di rame ed uno di zinco, in un vaso contenente acqua acidulata, gli elettrodi sono diversamente attaccati dall'azione del liquido. Misurando il potenziale dei due elettrodi potremo constatare che gli elettrodi stessi hanno potenziali diversi e che quello meno attaccato dal liquido (nel nostro caso il rame), ha potenziale più elevato.

La corrente va quindi lungo il conduttore dall'elettrodo meno attaccato, e che ha il potenziale più elevato, a quello più attaccato che ha il potenziale meno elevato. Il primo di questi due elettrodi dicesi *elettrodo positivo* e la sua estremità emergente dal liquido, *polo positivo;* il secondo dicesi *elettrodo negativo* e la sua estremità emergente dal liquido, *polo negativo.*

Chiamansi costanti *voltaiche* di un elemento la *forza elettromotrice* e la *resistenza interna.* La prima dipende quasi esclusivamente dal modo di comportarsi chimicamente del liquido rispetto alle lamine polari. La seconda è la resistenza che le varie parti metalliche e liquide, componenti l'elemento, presentano al passaggio della corrente; essa varia molto con il grado di concentrazione del liquido, con la sua temperatura, e dipende strettamente dalla

superficie attiva delle lamine polari, dalla loro distanza e dallo stato delle loro superfici.

Mentre la corrente circola nel circuito esterno (fig. 49), l'idrogeno che la reazione chimica mette in libertà, è portato dalla corrente sull'elettrodo positivo e lo circonda ben presto di una patina gassosa. Essendo i gas cattivi conduttori dell'elettricità la resistenza interna viene aumentata di molto e quindi viene diminuita la corrente che l'elemento stesso fornisce. Per di più l'idrogeno allo stato nascente depositato sul rame ha grande tendenza a ri-

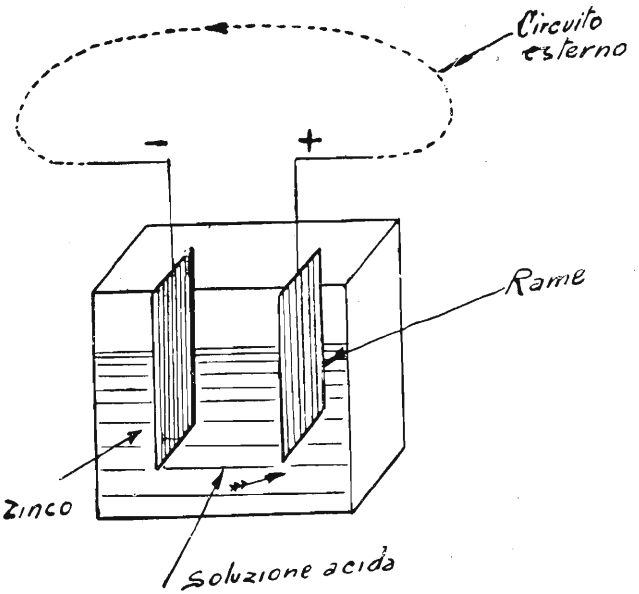


Fig. 49.

comporsi, generando una forza elettromotrice di senso opposto a quella dell'elemento. Tale *forza controelettromotrice* è un nuovo ostacolo al passaggio della corrente. Questo fenomeno chiamasi *polarizzazione*. Per impedire la polarizzazione e far si che la corrente si mantenga presso a poco costante, è evidentemente necessario impedire che l'idrogeno si depositi sull'elettrodo positivo, ciò che si ottiene facendo assorbire o combinare tale gas, lungo il suo percorso, da sostanze appropriate chiamate *depolarizzanti*. I depolarizzanti più impiegati sono il solfato di rame, i cloruri metallici, l'acido nitrico, ecc., ed in generale tutti i corpi molto ricchi di ossigeno.

§ 24 — Vari tipi di pile - Accoppiamento delle pile Potenza e rendimento delle pile

Gli svariatissimi tipi di pile ora esistenti si differenziano fra loro per i materiali e per le particolarità di costruzione, ma il concetto fondamentale è quello esposto ed è uguale per tutti. Il valore della f. e. m. in nessun tipo supera i 2 volts.

Una pila perfetta dovrebbe possedere le qualità seguenti:

a) Avere una forza elettromotrice elevata e costante qualunque possa essere il lavoro da compiere sul circuito esterno.

b) Avere una resistenza interna molto debole e costante.

c) Essere formata con sostanze di poco prezzo.

d) Essere costituita in modo che sia facile sorvegliarla e rifornirla di nuovi reagenti quando necessari.

e) Non contenere sostanze liquide o contenerle racchiuse in modo che non possano colare all'esterno.

f) Non avere parti fragili.

Nessuna pila realizza tutte queste condizioni ad un tempo e per ciascun caso si deve scegliere il tipo di pila che possiede le qualità più acconcie per l'uso al quale deve essere adibita.

Le pile si dividono in *pile a liquido* come *la Daniell*, la *Leclanchè*, ecc., le quali non interessano la presente esposizione perchè non di uso a bordo, ed in *pile a secco* nelle quali, per impedire che i liquidi eccitatori e depolarizzanti si mescolino e si versino, le soluzioni sono racchiuse in corpi porosi, inerti, quali la spugna, il feltro, il carbone, la sabbia, ecc.

Le pile di questo tipo sono, in parte molto limitata, le uniche usate a bordo: ad esempio, gli elementi alla colloidina *tipo R. Marina* le cui caratteristiche sono:

e = 1,5 volt ed r = 0,2 ohm; le pile tipo Italia; tipo Leclanchè, ecc.

La fig. 50 rappresenta la pila a secco tipo Leclanchè.

L'importanza delle pile sulle navi è andata man mano diminuendo, sia perchè in gran parte sostituite dalle pile secondarie od accumulatori e sia perchè vengono ora molto impiegati a bordo i piccoli *devolvatori*, i quali hanno l'ufficio di abbassare la corrente di bordo dalla tensione normale di 110 o 220 volts, a quella variabile di 12 - 15 - 20, fino a 50 volts a seconda delle necessità. Al giorno d'oggi a bordo delle navi si può dire che le pile hanno quasi fatto il loro tempo. La causa di ciò è da ricercarsi sia nei requisiti mi-

gliori che presentano gli altri sistemi di alimentazione, sia per i difetti propri delle pile, come la scarsa corrente che possono produrre, il costo elevato dei materiali che le compongono, l'incostanza della f. e. m., ecc.

Circa la conservazione a bordo delle pile è opportuno che esse siano isolate fra di loro e dallo scafo, che i serrafili siano puliti, che siano conservate in luoghi asciutti ed in posizione verticale, che siano lontane da sorgenti di calore, che non prendano scosse, ecc.

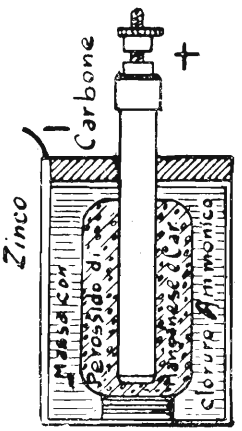


Fig. 50.

Le pile si possono accoppiare fra loro formando delle *batterie*:

1) *In serie* cioè mettendole in catena ed unendo il polo + dell'una con il polo — della successiva (fig. 51).

2) *In derivazione* ed in questo caso tutti i poli positivi si uniscono ad un conduttore e tutti i poli negativi ad un altro (fig. 52).

Mettendo le pile in serie si sommano tutte le loro tensioni come pure tutte le loro resistenze interne; disponendole in derivazione si sommano le singole intensità.

Indicando con E la f. e. m. totale di una batteria di pile, I la intensità del circuito esterno, n. il numero di pile, *i* l'intensità di ciascuna pila (supposto che tutte le pile siano eguali), *e* la f. e. m. in volts di ciascun elemento,

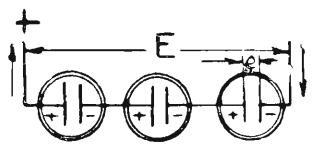


Fig. 51.

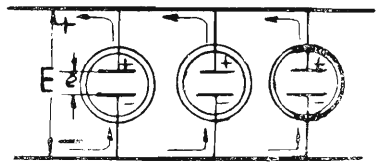


Fig. 52.

r la resistenza interna di ciascun elemento, R la resistenza del circuito esterno inserita fra i capi della batteria, avremo: *batteria di pile in serie*:

$$I = i \qquad E = n\,e$$

Applicando la legge di Ohm al circuito completo interno ed esterno avremo:

$$I = \frac{n\,e}{R + r\,n}$$

Batteria di pile in derivazione:

$$I = n\,i \qquad E = e$$

ed anche:

$$I = \frac{e}{R + \frac{r}{n}}$$

Delle due disposizioni converrà quella in serie quando la resistenza esterna è grande in confronto di quella interna della batteria e piccola la corrente (linee telegrafiche, telefoniche, segnalazioni). Converrà invece la disposizione in derivazione quando la resistenza esterna è piccola e grande l'intensità desiderata.

Oltre ai due sistemi sopra indicati vi sono dei sistemi misti di accoppiamento e precisamente:

1) *Accoppiamento in serie di gruppi in parallelo* (fig. 53).

2) *Accoppiamento in parallelo di gruppi in serie* (fig. 54).

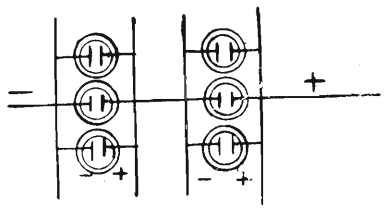


Fig. 53.

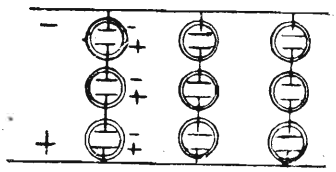


Fig. 54

Esempio:

Si abbia un certo numero di pile di f. e. m. 1,5 volt e resistenza interna 0,3 ohm. Supponiamo che la resistenza esterna R del circuito sia 0,2 ohm e che si voglia realizzare una corrente di 6 ampère.

Se usiamo una sola pila, la legge di Ohm dà:

$$I = \frac{1{,}5}{0{,}2 + 0{,}3} = 3 \text{ A.}$$

corrente che non è sufficiente ai nostri bisogni; se disponiamo due pile in serie:

$$I = \frac{3}{0{,}2 + 0{,}6} = 3{,}75 \text{ A.}$$

La corrente è ancora troppo debole, e si vede che, pur essendosi raddoppiata la tensione, la corrente ha avuto solo un aumento del 25 %. Proviamo tre pile in serie:

$$I = \frac{4,5}{0,2 + 0,9} = 4,08 \text{ A}$$

corrente ancora troppo debole, benchè la tensione si sia triplicata. Se disponiamo invece due pile in parallelo:

$$I = \frac{1,5}{0,2 + \frac{0,3}{2}} = 4,3 \text{ A}$$

Si è in migliori condizioni ma la corrente non è ancora sufficiente. Se disponiamo sei pile in parallelo:

$$I = \frac{1,5}{0,2 + \frac{0,3}{6}} = 6 \text{ A}$$

ossia si ha la corrente cercata. Ma lo stesso valore di corrente si può avere con due gruppi di due pile in serie ciascuno ed i due gruppi in parallelo fra loro, ossia con quattro pile complessivamente.

$$I = \frac{2\,e}{R_e + \frac{2\,r}{2}} = \frac{3}{0,2 + 0,3} = 6 \text{ A}$$

Chiameremo *potenza totale* di una batteria il prodotto della intensità I della corrente per la f. e. m. *e* della batteria stessa, e *potenza utile* il prodotto della intensità I della corrente per la differenza di potenziale E che si ha ai poli della batteria. La differenza e — E non è altro che la perdita di potenziale che ha luogo nell'interno della batteria per vincere la resistenza interna r.

Il rapporto $\frac{E\,I}{e\,I}$, ossia della potenza utile per la potenza totale, è quello che si chiama (ved. Cap. 3.°) *rendimento elettrico* del generatore, che si indica di solito con la greca η.

Dal rapporto $\frac{E\,I}{e\,I} = \frac{P\,u}{P\,t}$ si vede che il rendimento sarà tanto maggiore quanto più la potenza utile eguaglia la potenza totale e che il suo massimo valore è eguale ad 1.

La tabella N. 20 in appendice dà il valore della f. e. m. e della resistenza interna per diversi tipi di pile.

§ 25 — Teoria dell'accumulatore a piombo - Formazione Vari tipi di accumulatori a piombo

Dicesi pila secondaria od accumulatore, un generatore chimico reversibile, nel quale le sostanze chimiche necessarie possono essere ricostituite mediante un processo di carica, inviando corrente elettrica attraverso di esse. Questa reversibilità si ottiene, in condizioni industriali da un sistema elettrolitico formato da due elettrodi immersi in una soluzione:

\+ —

Piombo — soluzione acquosa di acido solforico — piombo.

Quando la corrente di carica attraversa l'elettrolito, decompone l'acqua; (H_2O); nei suoi elementi, ossigeno (O) ed idrogeno (H).

L'ossigeno liberato va in direzione opposta a quella della corrente, e si porta sull'elettrodo o piastra positiva, ossidandola e formando uno strato aderente rosso bruno di perossido di piombo (PbO^2); l'idrogeno invece segue la direzione della corrente e si porta sull'elettrodo o *piastra negativa*, dove si combina con le traccie di ossido che incontra su di essa per formare acqua, e vi lascia uno strato sottile di piombo spugnoso, di aspetto metallico brillante. Il sistema elettrolitico così modificato, è pronto per fornire dell'energia elettrica e si dice che è *carico;* se infatti si chiude il circuito fra gli elettrodi sopra una resistenza, il circuito è percorso da una corrente che dicesi di scarica. Le materie attive di un accumulatore carico sono dunque, dopo la carica,

\+ —

Perossido di piombo — acqua acidulata — piombo spugnoso.

La differenza di potenziale a cui si trovano gli elettrodi di un accumulatore carico, dà luogo, appena si chiude il circuito sopra una resistenza esterna, ad una corrente di scarica, la quale ha direzione opposta a quella di carica. L'ossigeno, che come sopra è stato detto, va in direzione opposta a quella della corrente, si porta ora sull'elettrodo negativo producendovi dell'ossido di piombo, mentre l'idrogeno va sull'elettrodo positivo riducendo il perossido di piombo ad ossido di piombo, con formazione di acqua. Gli ossidi di piombo infine in presenza dell'acido solforico della soluzione, formano del solfato di piombo e dell'acqua. Si riproduce insomma, inversamente, il fenomeno chimico già descritto per la carica.

Si tralasciano le formule chimiche che rappresentano queste trasforma-

zioni perchè non confacenti al carattere elementare del presente manuale rimandando lo studioso a quanto è ampiamente riportato su molti testi di elettricità esistenti in commercio. Da queste formule appare come, durante la scarica, la quantità di acido solforico diminuisca e durante la carica invece si riproduca; ciò si verifica infatti usando un apposito apparecchio di misura che si chiama *densimetro*, con il quale si constata che *durante la scarica la densità della soluzione diminuisce e durante la carica successiva aumenta riprendendo quasi il valore primitivo.*

Evidentemente la quantità di energia che si può accumulare dipende dalla quantità di azione chimica che si produce e quindi dalla quantità di *materia attiva* che si può ottenere sulle piastre. Il fisico francese Plantè aveva osservato che lo spessore degli strati attivi si poteva accrescere, aumentando così la capacità, facendo subire all'elemento una lunga successione di cariche e di scariche; il perossido di piombo allora non si forma più solamente alla superficie, come si vede nella fig. 55 a), ma penetra successivamente e si propaga nel piombo come si vede nella fig. 55 b), acquistando così maggior volume e maggiore aderenza.

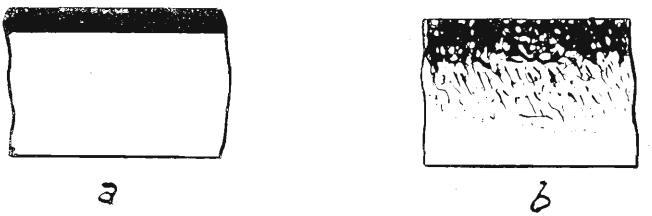


Fig. 55.

Questa maniera di formare le piastre viene detta *formazione Plantè* od a grande superficie, ma ha il grande inconveniente di essere molto laboriosa e lunga. Fu Camillo Faure, assistente del Plante, che pensò di preparare direttamente la materia attiva sulle piastre di piombo.

In questi accumulatori a formazione rapida detta *Formazione Faure od a pasta* viene compressa sugli elettrodi positivi una pasta di minio ($P^{b_3}\ 0^4$) e sugli elettrodi negativi una pasta di *litargirio* ($P^b\ 0$); queste materie sono tenute aderenti agli elettrodi con diaframmi isolanti porosi, onde impedire che se ne stacchino. La fig. 56 rappresenta una lastra positiva e la fig. 57 una lastra negativa a reticolato, di accumulatore del tipo a pasta.

Dalle modificazioni e dai perfezionamenti successivi, introdotti nel formare le piastre, derivano molti tipi di accumulatori fra i quali accenneremo

brevemente all'accumulatore Tudor ed a quello Hensemberger perchè usati nella R. Marina.

Nell'accumulatore Tudor vennero dapprima riuniti i sistemi Plantè e Faure. Le piastre, fuse con scanalature sulle faccie, furono durante due mesi sottoposte alla formazione Plantè la quale vi preparava uno strato di peros-

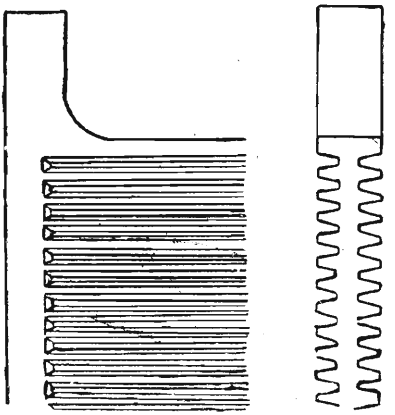


Fig. 56.

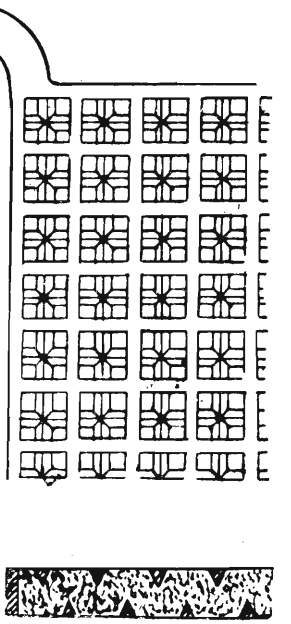


Fig. 57.

sido intimamente aderente alla piastra; su questo strato veniva stesa poi una pasta di sali di piombo. Le piastre in seguito erano trattate di nuovo con il *sistema Plantè per circa due settimane, ottenendo così una grande aderenza* della materia attiva. In seguito questa preparazione venne modificata per le piastre positive, le quali si fecero a superficie più estesa, ottenuta con mezzi chimici. Un tipo di accumulatore Tudor, detto a *repulsione*, ha gli elettrodi preparati con il semplice sistema Plantè, e può sopportare cariche e scariche intensissime.

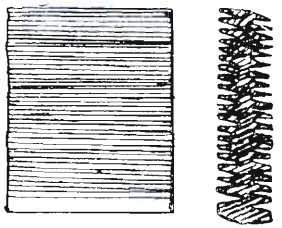


Fig. 58

Negli accumulatori Hensemberger la piastra positiva è formata con il semplice sistema Plantè; essa è del tipo originario di quella Tudor ed è rappresentata di fronte in sezione dalla fig. 58; la sua preparazione è però fatta con processi speciali.

Appena ultimata la carica, un accumulatore a piombo, ha una f.e.m. di V 2,2; misurata a circuito aperto, ma che si riduce rapidamente a V 2 appena all'accumulatore si fa erogare energia.

Col procedere della scarica la tensione continua progressivamente a diminuire, ma con grande lentezza.

La scarica deve essere arrestata quando l'accumulatore, a circuito aperto, dà una tensione di V 1,8.

§ 26 — **Capacità - Densità - Trattamento degli accumulatori a piombo - Carica e scarica - Rendimento ed accoppiamento degli accumulatori a piombo**

La caratteristica principale di un elemento di accumulatore è la *capacità* la quale ordinariamente è definita come la quantità di elettricità che un elemento può fornire, a un dato regime di scarica, prima che la sua f.e.m. scenda al disotto di volts 1,8 che è la condizione di buon funzionamento. La capacità è espressa in ampère-ore e varia con la superficie degli elettrodi, con lo spessore della materia attiva e con la durata della scarica. Siccome questa capacità aumenta col diminuire della corrente di scarica si usa dire che essa cresce a misura che si diminuisce l'intensità di scarica.

Per esempio, per un certo tipo di accumulatore, si hanno le seguenti capacità:

1200	Ampères	per	1	ore	-	1200	ampères
800	»	»	2	»	-	1600	»
480	»	»	4	»	-	1920	»
285	»	»	8	»	-	2280	»
205	»	»	12	»	-	2460	»
50	»	»	60	»	-	3000	»

Ma questo non deve essere preso nel senso che la capacità dell'accumulatore cresca veramente con il diminuire della scarica, ma significa solo che l'accumulatore in parola ci fornisce 120 ampères per un'ora, ma se a noi serve solo un'intensità di 800 ampères, questa può fornircela per due ore; se vogliamo un'intensità di 480 ampères, può fornircela per quattro ore, e così via.

Nei diversi casi su esposti gli ampèrora andranno sempre aumentando man mano che diminuisce l'intensità richiesta nella scarica.

Ogni Casa costruttrice indica di ogni elemento, oltre che le dimensioni ed il peso, la capacità in ampèrora per diverse intensità di scarica.

Ad ogni valore di ampèrora spesi (in qualunque modo essi siano stati erogati) corrisponde un valore unico della *densità* dell'elettrolito. La densità, come abbiamo detto, diminuisce con la scarica; la misura di essa quindi dà una indicazione sufficientemente esatta circa l'energia consumata e quella residua. La densità dell'elettrolito di un accumulatore carico è di 1,24-1,25. Bisogna però tener conto della temperatura dell'elettrolito giacchè la densità varia con essa sensibilmente.

L'elettrolito è costituito da acido solforico puro diluito in acqua distillata e per misurarne la densità esso viene tolto dall'accumulatore con una peretta di gomma e versato in un vaso dove si mette il densimetro; questo è un aerometro Beaumè (1) che si immerge nel liquido e si lascia galleggiare. La densità è indicata dal rigo della graduazione che collima con la superficie del liquido.

L'acido ordinario del commercio è quasi sempre impuro. Le impurità che si riscontrano più sovente (ferro) producono una lenta scarica dell'elemento, ed altre (cloro, acido nitrico, ecc.) distruggono rapidamente le piastre positive. Si deve quindi evitare che si introducano negli elementi impurità qualsiasi. A tale scopo si devono lavare con cura servendosi di acqua distillata, tutti i recipienti per l'acido solforico, le damigiane, i filtri, ecc.

Gli accumulatori si caricano mettendoli in comunicazione con un generatore qualsiasi che fornisca corrente continua, in modo che il polo positivo del generatore sia connesso con il positivo della batteria. Per la carica, quando è fatta con i mezzi di bordo, conviene procedere nel modo seguente:

La *corrente di carica* si regola all'inizio in modo da non superare la metà della massima consentita nella scarica. L'intensità di questa corrente cade per effetto della forza contro elettro-motrice degli elementi, mentre la tensione di ognuno di essi aumenta continuamente. Quando questa è giunta al valore di 2,4 volts unitari comincia negli accumulatori lo sviluppo dei gas dovuti al fatto che allora solo una parte della corrente di carica viene utilizzata, mentre il resto si trasforma in calore e determina l'elettrolisi dell'acqua dell'elettrolito, e cioè la decomposizione di detta acqua in ossigeno ed idrogeno. Questo gas idrogeno che viene liberato durante la carica, può formare con l'aria dell'ambiente una pericolosa miscela esplosiva. Occorre quindi quando la tensione di ogni elemento raggiunge, come abbiamo detto, la ten-

(1) Spesso la graduazione è in gradi Beaumè; così espressa la densità dell'elemento carico è circa 30° e quella dell'elemento scarico è circa 16°.

sione di 2,4 volts, eliminare il gas sviluppatosi ed allora, *mantenendo costante la tensione*, si lascia diminuire la corrente fino ad ¼ del valore iniziale; lo sviluppo del gas scompare e si continua così fino alla carica completa e cioè fino a che la tensione di ogni elemento non abbia raggiunto il valore di 2,7 volts.

Il sopraccennato sviluppo di gas si chiama ebollizione ed è dannoso, non solo per la miscela esplosiva che forma, quanto perchè esso provoca lo sgretolamento e la caduta della pasta dalle piastre positive.

La f.e.m. del generatore deve essere alquanto maggiore della f.e.m. che si sviluppa nell'accumulatore o nella batteria di accumulatori e cioè non inferiore a 3 volts per ogni elemento (1).

Il *locale di carica* deve essere provveduto di buona ventilazione, in modo che i gas sviluppati siano cacciati all'esterno. I ventilatori vanno tenuti in moto anche dopo cessata la carica perchè gli accumulatori continuano a produrre gas per un certo tempo anche a corrente interrotta. E' bene tener presente che i gas sviluppati dagli accumulatori (ossigeno e idrogeno) sono assolutamente inodori; l'odore caratteristico che si sente nei locali non è dovuto a questi gas ma all'acido solforico in sospensione nell'aria dell'ambiente. Per mantenere ottimo l'isolamento degli accumulatori essi devono essere appoggiati su appositi scaffali per mezzo di isolanti di porcellana.

La carica si fa per mezzo di un apposito *quadro di distribuzione*, il quale ha tante derivazioni (con resistenze, reostati regolabili) e tante prese di corrente quante sono le batterie che si suppone di dover caricare contemporaneamente.

Per piccole intensità di carica si fa uso di lampadini, come resistenze, per ottenere le variazioni di questa intensità (fig. 59). Organo essenziale per il quadro è un *interruttore a minima*, ossia un interruttore che automaticamente apra il circuito di carica nel caso che venga a mancare od a diminuire la tensione alimentatrice, e ciò per impedire che gli accumulatori si scarichino sulla linea.

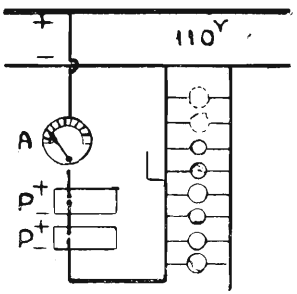


Fig. 59.

Occorre sistemare gli interruttori di corrente al di fuori del locale dove avviene la carica degli accumulatori perchè una causa occasionale qualunque, quale la scintilla di un interruttore, potrebbe far detonare la miscela esplosiva detta gas tonante che può essersi formata come sopra è stato accennato.

(1) Così per caricare una batteria di 10 elementi in serie si deve disporre di una sorgente con tensione di 30 volts.

Se V è la tensione della linea di alimentazione, *n* il numero degli elementi in serie da caricare, *e* la f.e.m. di ciascun elemento al momento della carica ed *i* la corrente di carica, la resistenza R da inserire sarà data da (legge di Ohm):

$$V = n\,e + i\,R \text{ da cui } R = \frac{V - n\,e}{i}$$

All'inizio della carica avremo $e = 1{,}8$ volts ed alla fine $e = 2{,}7$ volts, quindi la resistenza da inserire dovrà essere gradualmente graduata fra i valori:

$$\frac{V - n \times 1{,}8}{i} = R_{massimo} \text{ ed } \frac{V - n \times 2{,}8}{i} = R_{minimo}.$$

La *temperatura* dell'elettrolito deve essere mantenuta la più bassa possibile e non dovrebbe passare mai i 45°. Caricando o scaricando a intensità troppo forti la temperatura non si distribuisce uniformemente nelle piastre e provoca dilatazioni che contribuiscono a deteriorarle.

Pur essendo o apparendo l'accumulatore completamente carico può occorrere di prolungare la carica per eliminare, per esempio, le disuguaglianze dello stato di carica degli accumulatori collegati in serie nella stessa batteria.

Questa operazione si chiama *sovraccarica*. Essa deve eseguirsi sempre ad intensità di corrente minima ed a tale scopo sarà bene, finita la carica, lasciare le batterie in riposo per qualche ora, per far sì che l'ebollizione avvenga regolarmente senza che gli accumulatori si riscaldino. Si ripete tale operazione, con intervalli di riposo, fino a che la densità e la tensione non aumentino più e lo sviluppo dei gas si produca non appena si riattiva la sovraccarica.

Benchè risulti utile praticare la sovraccarica di tanto in tanto, è bene non abusarne onde non danneggiare gli elementi. E' utile che essa venga eseguita quando si prevede che per un lungo periodo di tempo gli accumulatori non debbano essere impiegati attivamente o debbano subire un periodo di inazione.

Durante la *scarica*, la densità di un accumulatore discenderà all'incirca proporzionalmente agli ampèrora erogati. La tensione degli accumulatori diminuisce lentamente durante la scarica.

Quando la densità è discesa ad un certo punto, con una scarica a forte intensità e non è più possibile continuare la scarica con tale valore di corrente, vuol dire che l'elettrolito non è più sufficientemente ricco di acido per consentire la velocità di azione chimica necessaria onde continuare a produrre la corrente di tale intensità; però il grado di acidità residuo consente la eroga-

zione di correnti minori che richiedono una più piccola velocità nelle reazioni chimiche.

Le batterie vanno sorvegliate con cura; devono essere ispezionate di frequente illuminando l'interno delle cassette con una lampadina a incandescenza. Se parte della materia attiva si è distaccata rimanendo a contatto con le due piastre, bisogna farla andare a fondo spingendola con una bacchettina di vetro, in modo da evitare corti circuiti.

Se vi è un corto circuito nell'accumulatore la corrente di carica passa attraverso ad esso senza agire sulle piastre e l'accumulatore non si carica; la densità non cresce e così pure la differenza di potenziale ai morsetti, che, in tal caso, è data soltanto dalla caduta di tensione attraverso l'elemento.

Nell'accumulatore in corto circuito le piastre si coprono subito di una crosta spessa e dura di solfato di piombo, che la corrente non riesce a far scomparire. La resistenza interna r dell'accumulatore aumenta, ed a volte a tal segno che la differenza di potenziale ai morsetti E, malgrado sia piccola la f.e.m. e dell'elemento risulta durante la carica maggiore del valore normale, a causa del grande valore della caduta interna di potenziale ($E = n\,e + I\,r$). In tal caso l'elemento dicesi *solfatato* e detta solfatazione può eliminarsi mediante la sovraccarica, ma spesso è così forte che bisogna assolutamente rinnovare le piastre.

Quando un elemento è guasto e non si ha modo di sostituirlo, lo si esclude dalla batteria mettendo in contatto i due elementi laterali ad esso, senza però che l'elemento guasto rimanga in corto circuito.

Si deve aver cura che il liquido ricopra sempre tutte le piastre ed arrivi almeno ad un centimetro al disopra di esse. Quando il livello del liquido si abbassa, si fa il *riboccamento* degli accumulatori, vale a dire si aggiunge acqua distillata.

Quando si deve lasciare a riposo l'accumulatore è necessario caricarlo prima completamente e, durante il riposo, ripetere la carica ogni 20 o 30 giorni per impedire la lenta autoscarica che si avrebbe, con pericolo di solfatazione.

Diremo in ultimo che prima di iniziare la carica di un elemento nuovo, il quale viene spedito dalla Casa costruttrice secco e già formato, bisogna riempirlo della soluzione di acido solforico puro in acqua distillata alla concentrazione di 17° Beaumè (circa il 20 % di acido) in modo che il liquido sorpassi di poco l'orlo superiore delle piastre e lasciarlo in riposo per tre o quattro ore al massimo. Quindi può avere inizio la carica per la quale ogni Ditta fornitrice di accumulatori, a seconda del processo usato nella formazione delle piastre, dà particolari indicazioni.

Trattandosi di grandi impianti di batterie, per mantenere costante il voltaggio agli estremi della batteria di accumulatori, durante la scarica sopra un circuito da alimentare, al diminuire della f.e.m. di ogni singolo elemento, si usa un così detto *inseritore* che serve ad introdurre o levare dal circuito alcuni elementi. Questo inseritore può funzionare sia a mano che automaticamente.

Il *rendimento* di un accumulatore è dato dal rapporto fra la quantità di energia di cui fu scaricato e quella necessaria per riportare l'accumulatore nelle condizioni in cui si trovava prima della scarica.

Questo rendimento, si indica in watt-ora, ed è all'incirca del 70 %.

Ordinariamente si considera il rendimento in ampèrora che è il rapporto del numero degli ampèrora scaricati e quello degli ampèrora da caricare per riportare l'accumulatore nelle condizioni precedenti alla scarica. Questo rendimento è di circa 90 % in media ed il suo valore serve ad indicare che il numero degli ampèrora da caricare per rimpiazzare quegli erogati è circa del 10 % superiore a questi ultimi.

Per l'accoppiamento degli accumulatori vengono usati gli stessi sistemi già descritti per l'accoppiamento delle pile e valgono le stesse norme.

§ 27 — **Accumulatori al ferro-nichel (o ad elettrolito alcalino)**

Un tipo di accumulatore molto in uso e che nella nostra marina sta sostituendo quello a piombo, è quello «*Edison*» al *ferro-nichel* o ad *elettrolito alcalino.*

Generalità: Questo accumulatore che suscitò e suscita tuttora tante speranze, è costituito da numerose e sottili lastre di acciaio nichelato, separate da diaframmi di ebanite.

Le piastre positive e quelle negative sono esternamente identiche, e male si distinguono le une dalle altre. Sono però essenzialmente differenti per la composizione chimica delle materie attive.

Il numero delle piastre negative, negli accumulatori alcalini in uso nella R. Marina, è superiore di una al numero delle piastre positive, e nel montaggio rimangono esterne. Le piastre sono isolate tra loro e dal recipiente mediante una striscia a sottili regoli di ebanite, collocati in apposite scanalature ottenute con laminazione, sulle piastre stesse.

La sostanza attiva delle piastre positive è essenzialmente composta di *idrato di nichel* [N_1 (O H)$_2$]. Tale sostanza viene costipata tra due striscie di lamierino perforato, strette da una cornice di acciaio; oppure in tubetti senza saldature, disposti in apposito telaietto.

CURVE INDICANTI LA RELAZIONE TRA VOLTAGGIO E DURATA DI CARICA E SCARICA PER ACCUMULATORI « NIFE »

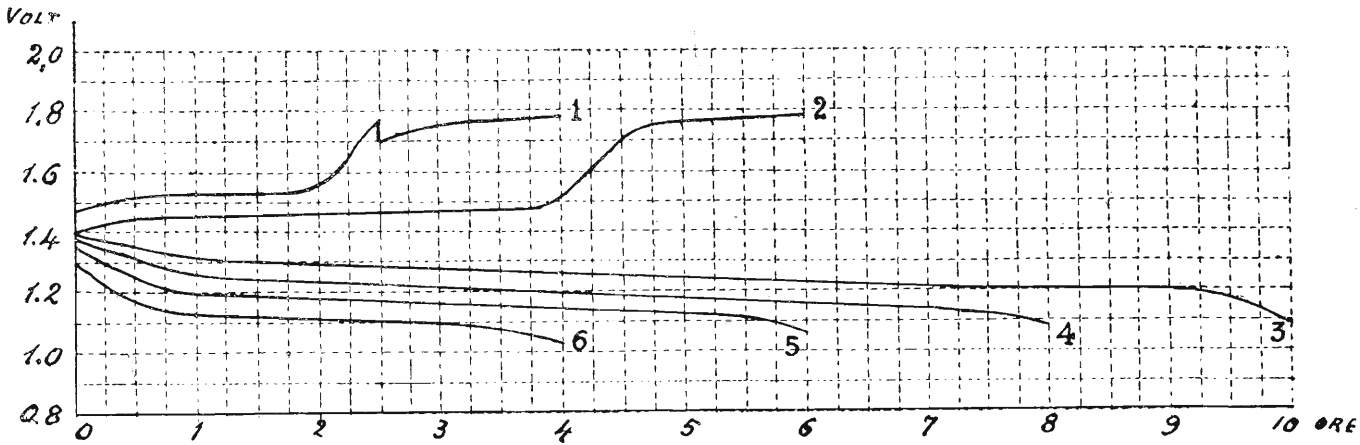


Fig. 60.

1 - Carica forzata.

2 - Carica normale

3 - Scarica in 10 ore.

4 - Scarica in 8 ore (normale).

5 - Scarica in 6 ore.

6 - Scarica in 4 ore.

CURVE DI CARICA E SCARICA PER ELEMENTI « EDISON »

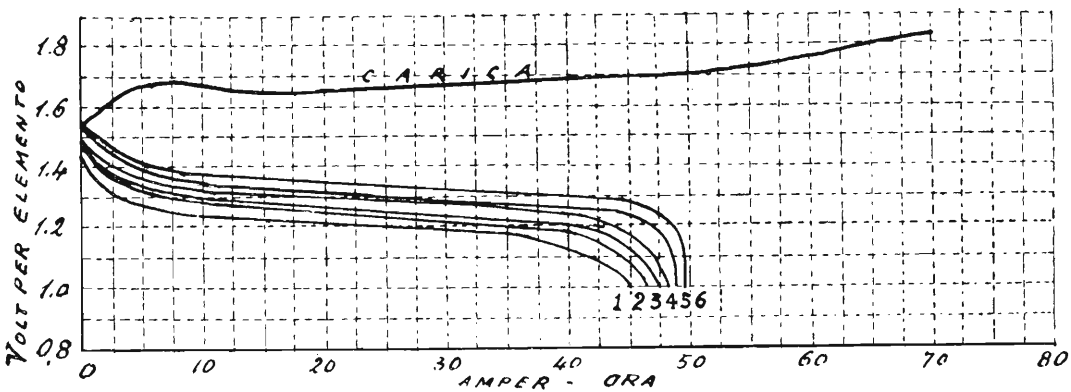


Fig. 61.

1. Scarica a 7,5 Ampère
2. » » 5 »
3. » » 3,75 »
4. Scarica a 2 Ampère
5. » » 1 »
6. » » 0,5 »

La materia attiva delle piastre negative è *sesquiossido di ferro* ($Fe_2 O_3$) che viene compresso entro scatolette rettangolari, ricavate con laminazione da due striscie di lamierino di acciaio perforato.

Le materie attive sono ambedue mescolate con un volume presso a poco eguale di sottili scaglie di grafite, che aumenta la conducibilità della sostanza.

L'insieme delle piastre è contenuto in un recipiente di acciaio nichelato con coperchio saldato autogenamente. Attraverso ad appositi fori di questo, passano i due reofori, mentre un terzo foro, chiudibile con valvola o tappo, serve per il riempimento o per lo sfogo dei gas durante la carica. Dei due reofori, uno è isolato, l'altro è a contatto metallico col recipiente il quale perciò assume polarità positiva o negativa, a seconda del reoforo a contatto.

Elettrolito: L'elettrolito consta di una soluzione di *potassa caustica in acqua distillata* [K (O H) + H_2 O]. Ha densità variabile da 1,19 a 1,25 (rispettivamente 23° e 29° Beaumé). Il valore normale della densità dell'elettrolito è di 1,24 circa ed a differenza con gli accumulatori a piombo, tale densità resta pressochè inalterata durante le operazioni di carica e scarica e per un lungo periodo di esercizio. Ciò prova che l'elettrolito non partecipa alle reazioni che si svolgono durante il trattamento dell'accumulatore, ma è solo un mezzo di trasmissione dell'ossigeno che deve passare dalla piastra negativa alla positiva e viceversa.

La soluzione per temperature tra — 10° C. e + 45° C. resta quasi inalterata, però a questi limiti estremi la capacità dell'accumulatore risulta leggermente diminuita.

L'elettrolito *è caustico* e corrode qualsiasi oggetto che non sia di vetro o di acciaio nichelato, corrode i tessuti, dà bruciori molestissimi alla pelle, è terribile per gli occhi, non può rimanere esposto liberamente ed a lungo all'aria perchè avido di acido carbonico, e non deve mai andare a contatto di soluzioni acide o di recipienti ed oggetti già impiegati per soluzione acida.

Deve pertanto evitarsi l'uso di quanto attualmente serve per gli accumulatori a piombo. Come si è detto, l'elettrolito ha grande affinità per l'acido carbonico. Pertanto si deve sempre evitare di collocare le batterie in ambienti in cui sia contenuta forte quantità di tale gas (locali caldaie, locali macchine, ecc.).

Reazioni chimiche durante la carica e scarica: Secondo esperienze recenti circa le reazioni chimiche che si svolgono durante le cariche e scariche degli accumulatori alcalini, risulta che durante la carica la corrente elettrica riduce la materia attiva della piastra negativa, cioè il sesquiossido di ferro, trasformandolo in ferro metallico allo stato spugnoso. L'ossigeno che si libera soprossida l'idrato di nichel della piastra positiva che si trasforma in perossido

CURVE DI CARICA E SCARICA PER ELEMENTI « EDISON »

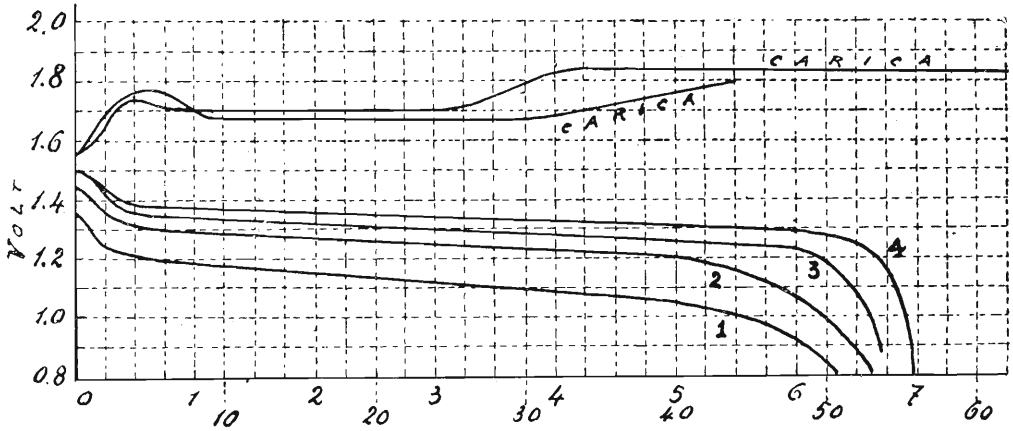


Fig. 62.

1. Scarica a ore 2 1/2
2. » » » 5 1/4
3. Scarica a ore 22
4. » » » 55

di nichel e sesquiossido di nichel. Al primo composto di nichel ed ossigeno (N_1 O_2), instabile, corrisponderebbe il maggior valore del potenziale che si riscontra durante la prima mezz'ora di scarica; in seguito poi il nichel della piastra positiva perde spontaneamente ossigeno trasformandosi in Ni_2 O_3, composto più stabile, cui corrisponde il potenziale minore che si rileva subito dopo.

Durante la scarica l'ossido di nichel si riduce ed il ferro spugnoso si ossida. L'accumulatore « Edison » è dunque un trasportatore di ossigeno che dal ferro passa momentaneamente nel nichel durante la carica, e fa il passaggio inverso nella scarica.

L'azione chimica è quindi molto diversa da quella che si produce negli accumulatori a piombo, poichè l'elettrolito serve unicamente di veicolo agli ioni di ossigeno e non attacca i corpi costituenti l'elemento, nessuno dei quali è solubile nella potassa.

La f.e.m. dell'accumulatore Edison a fine di carica è di circa 1,5 Volts, e durante la scarica di 1,2 Volts.

L'accumulatore al ferro-nichel offre sull'accumulatore a piombo il pregio di una capacità rilevante congiunta al permettere un trattamento facile e rozzo. Però dal punto di vista economico, a parità di energia, il costo degli elementi al ferro-nichel è due o tre volte superiore a quello degli elementi a piombo.

Anche il rendimento non è molto elevato e si aggira sul 40 ÷ 50 %.

Una recente modifica, o meglio un perfezionamento degli accumulatori Edison, sono gli accumulatori Gonin-Marseille, nei quali, la materia attiva, è posta negli elettrodi positivi, entro tubi di nichel puro, perforati, stretti mediante fili dello stesso metallo, e ripieni di idrossidi di nichel.

Gli elettrodi negativi sono costituiti da sacchetti metallici di ferro, montati fra due traverse pure di ferro e collegate insieme nella parte superiore da una lamina di nichel.

Con questi accumulatori, si è ottenuta una capacità totale variante da 28 a 30 Watt-ora per Kg. di elemento; simile cioè a quella degli accumulatori Edison.

La durata degli elettrodi, è molto superiore a quella degli accumulatori a piombo, e quasi eguale a quella degli Edison. Si possono raggiungere dei regimi di carica e scarica di 20 a 25 Watt per ogni Kg. di elemento, molto superiore agli accumulatori a piombo, che raggiungono solo i 7 od 8 Watt.

Hanno il vantaggio rispetto agli accumulatori Edison di un minor costo perchè supera solo del 30 % circa quello degli accumulatori a piombo.

Il loro rendimento è dal 7 al 10 % più elevato di quello degli elementi Edison.

Costituzione e formazione delle batterie al ferro-nichel: Generalmente gli elementi sono forniti già riuniti per la tensione voluta e sistemati in adatte cassette di legno, che a mezzo di piccoli isolatori di sostegno e di opportuni diaframmi, mantengono isolati e separati tra loro e dalla massa i diversi elementi, il cui recipiente, come si è detto, assume tensione positiva o negativa.

Le batterie possono essere fornite sia cariche, cioè formate e pronte all'uso, sia da formare. Nel primo caso, prima di impiegarle vanno trattate come sarà specificato in seguito nel « Governo delle batterie inoperose ».

Per le batterie da formare, l'elettrolito è generalmente liquido in fusti od in polvere dentro scatole di ferro. Per versare il liquido negli accumulatori si usa un tubo di gomma, preventivamente tenuto pieno per almeno due ore, di elettrolito stesso che poi non sarà più impiegato. Si versa l'elettrolito dentro l'elemento senza preoccuparsi eccessivamente del livello di esso dentro l'accumulatore; basta solo che le piastre siano completamente coperte.

Nel caso in cui l'elettrolito venisse fornito in polvere, questa sarà versata, subito e senza essere esposta lungamente all'aria, in un recipiente di ferro o di ferro nichelato o di porcellana (non di vetro che si romperebbe per l'alta temperatura che acquista il liquido allorchè si versa l'acqua). Tale recipiente sarà preventivamente ben pulito e sciacquato con elettrolito stesso o con acqua distillata, e riempito di una quantità di acqua distillata o piovana, indicata dalle norme scritte nella scatola stessa in cui è contenuta la polvere. La densità sia verificata con un densimetro.

Non usare mai oggetti impiegati per gli accumulatori a piombo.

Tale soluzione di elettrolito si lascia raffreddare almeno fino a 36° C. Se occorre si decanta o si filtra con lana di vetro e non con cotone idrofilo che viene sciolto dalla soluzione.

Carica e scarica: La carica sarà sempre possibilmente fatta con tutti gli elementi in serie onde evitare irregolarità di carica. Prima di iniziare la carica occorre assicurarsi che gli elementi siano bene isolati, puliti e con i tappi delle cassette tolti per il libero sfogo dei gas. L'elettrolito deve coprire le piastre ed in caso contrario si deve aggiungervi acqua distillata. Occorre sempre evitare di eseguire la carica in locali angusti e poco ventilati od eccessivamente riscaldati.

Se durante la carica, la temperatura della soluzione di un accumulatore supera i 45° C., sospendere la carica ed attendere che l'elemento o gli elementi si siano raffreddati.

Carica normale o ad intensità costante: E' il metodo di carica ordinario e più consigliabile. Scelta una sorgente di energia elettrica a corrente continua e che abbia una tensione minima eguale o superiore al numero degli elementi moltiplicato per 1,85; si dispone una resistenza variabile in serie in modo da mantenere costante l'intensità della corrente di carica.

La durata della carica è diversa per i vari tipi di accumulatori.

Generalmente però gli amperora da fornire durante la carica sono quelli dati dalla scarica più il 15 ÷ 20 % della capacità scaricata.

Non potendosi valutare la quantità di elettricità già scaricata, la carica può prolungarsi fino a che sia raggiunta la tensione massima che è di volts 1,8 ÷ 1,9, e che dovrà mantenersi costante per almeno 30 minuti. Il valore dato nella tensione massima non è assoluto, e la carica potrà ritenersi completa quando il voltametro segna, per almeno mezz'ora, sempre lo stesso valore di f. e. m.

Tenere presente che le letture al Voltametro, fatte a circuito aperto, non danno nessuna indicazione circa lo stato di carica e scarica degli accumulatori e perciò la tensione dovrà essere sempre letta sotto carica.

Gli accumulatori ad elettrolito alcalino non soffrono se si sottopongono ad una carica con polarità invertite, ma in questo caso per ripristinarli è consigliabile impiegare un trattamento come si dirà nel « Governo delle batterie ». Tali accumulatori non soffrono se si cessa la carica in un momento qualsiasi per impiegare poi la batteria.

Sovraccarica: Si fa con intensità costante ed eguale a quella prescritta per i diversi tipi, dopo terminata la carica normale. Può durare dalla metà al doppio del periodo normale di carica.

Carica forzata: Se per necessità occorre caricare rapidamente la batteria, tale carica può essere effettuata con elevati regimi di corrente. Il valore della intensità di carica non è fissato e può essere qualunque, purchè non sia superata la temperatura di 45° C. nella soluzione degli elementi. E' prudente però non superare un regime di carica di quattro volte il normale.

Carica lenta: E' buona norma negli accumulatori al ferro-nichel di non caricare mai ad una intensità inferiore a quella normale, eccettuato nei casi in cui il regime di scarica è eguale od inferiore a quello lento scelto per la carica.

Per il funzionamento normale è sempre meglio sovraccaricare che caricare lentamente.

Scarica normale: L'intensità normale di scarica è fissata per i diversi tipi. Nella prima mezz'ora di scarica la tensione cade più rapidamente che in seguito (*vedi curve*). La tensione utile di lavoro può ritenersi di volts 1,2. La tensione minima è di volts 1 ÷ 0,9.

Tali accumulatori possono anche essere scaricati senza pregiudizio alcuno, fino a zero volt, e chiusi anche in corto circuito. Però nell'intervallo tra volt 1 e 0 la capacità erogata è minima, avendosi una caduta precipitosa nella tensione.

Essendo necessario, il regime di scarica può essere qualunque, sempre però entro il limite dei 45° C. massimi di temperatura che non devono essere superati.

Governo delle batterie durante l'uso: Per la buona manutenzione di tali accumulatori è necessario:

1°) Evitare il contatto della soluzione alcalina con quelle acide (soluzione solforica di accumulatori a piombo) o con materiali ed oggetti impiegati per le soluzioni acide.

2°) Non avvicinare alle aperture degli elementi fiammiferi accesi o fiamme qualsiasi. Evitare scintille e scariche causate da corto circuito fra gli elementi.

3°) Salvo che si faccia il riempimento e durante la carica, tenere sempre chiusi gli appositi fori.

4°) Curare che gli elementi siano sempre asciutti e puliti.

5°) Assicurarsi prima della carica che l'elettrolito copra almeno le piastre, altrimenti fare il rimboccamento con acqua distillata.

6°) Non occorre verificare spesso la densità dell'elettrolito, ma solamente quando l'accumulatore non dà tutta la capacità normale. Cambiando l'elettrolito la batteria deve essere sottoposta a sovraccarica.

7°) Tenere presente che assoggettando tali accumulatori ad un buon lavoro essi migliorano.

Batterie inoperose e pigre: Le batterie ad elettrolito alcalino, possono rimanere inoperose per lungo tempo, giacchè avendo una scarica interna praticamente nulla, la perdita di capacità è relativamente trascurabile. Però per riattivarle, occorre usare loro il trattamento consigliato anche per le batterie pigre od eventualmente caricate con polarità invertita.

Sono chiamate *pigre* quelle batterie che non hanno, alla scarica, la capacità normale. Ciò può dipendere:

a) da scariche persistenti e latenti dovute a poca pulizia degli elementi od a poco isolamento di essi;

b) da frequenti scariche a basso regime;

c) da inoperosità;

d) da elementi cortocircuitati o inseriti nella batteria con polarità invertita;

e) da soluzione debole.

All'infuori dell'ultima circostanza accennata, le batterie si riprendono quasi generalmente. Pertanto si farà la scarica della batteria deficiente fino a zero volt a regime normale, indi si lascerà in corto circuito per qualche ora ed infine si caricherà e si darà una sovraccarica.

La soluzione deve ritenersi debole se l'elettrolito ha peso specifico inferiore a 1,16 (20° Beaumé).

Nel caso di sostituzione dell'elettrolito, occorre: preparare la nuova soluzione, scaricare la batteria fino a zero, cortocircuitarla, indi togliere una parte della soluzione da ricambiare, con la rimanente soluzione, sciacquare energicamente gli elementi che saranno quindi vuotati e poi riempiti con nuova soluzione.

CAPITOLO VII.

Magnetismo

§ 28 — **Magneti naturali ed artificiali, loro proprietà**

Esiste in natura un minerale di ferro, chiamato *magnetite*, il quale ha la proprietà di esercitare una forza di attrazione principalmente sul ferro e suoi composti col carbonio (ghisa e acciaio) ed in misura minore anche su altri corpi.

Questa forza di attrazione può facilmente essere messa in evidenza immergendo un pezzo di magnetite nella limatura di ferro ed osservando che le particelle metalliche restano aderenti al minerale.

I pezzi di magnetite si chiamano anche *magneti o calamite naturali*, e la proprietà di cui godono di attrarre il ferro ed altri metalli, dicesi *magnetismo*.

Il magnetismo può essere comunicato ad una sbarretta di acciaio strofinandola semplicemente più volte, e sempre nel medesimo senso, con la stessa estremità di un magnete naturale.

La sbarretta di acciaio così trattata chiamasi *magnete artificiale* ed acquista temporaneamente tutte le proprietà delle calamite o magneti naturali.

L'attrazione magnetica che si produce fra i magneti ed i metalli magnetici, si verifica anche fra magnete e magnete.

Immergendo un magnete naturale od artificiale nella limatura di ferro, si osserva che le particelle metalliche aderiscono al magnete in misura decrescente dalle estremità verso il centro, e che nella parte centrale, chiamata appunto *linea* o *zona neutra* non ne aderisce alcuna (fig. 63).

Ciò dimostra che la forza di attrazione di ogni magnete è concentrata alle due estremità che si chiamano *poli* del magnete.

Anche con i magneti artificiali è possibile produrre altri magneti artificiali; l'operazione consiste anche in questo caso nello strofinare ripetuta-

mente sempre nello stesso senso e sempre con lo stesso polo di un magnete, la sbarretta di acciaio da magnetizzare. Quindi con un magnete si possono indefinitamente produrre altri magneti artificiali, anche di potenza maggiore, dotati cioè di una forza magnetica capace di attrarre non solo le piccole particelle di limatura di ferro, ma anche dei grossi pezzi metallici.

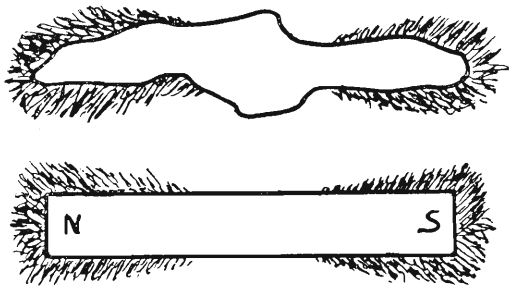


Fig. 63.

Non è però possibile aumentare all'infinito la forza magnetica o, come si usa chiamare, la *forza portante* di una calamita; oltrepassato un certo limite per quanto si continui la magnetizzazione, la forza portante non aumenta più e si dice allora che la calamita è *satura*.

§ 29 — **Magnetismo terrestre**

Tutta la magnetite ed i minerali magnetici contenuti nelle viscere della terra concorrono a formare un immenso magnete i cui poli (*poli magnetici*) sono situati in prossimità dei poli geografici.

In magnetismo terrestre può essere messo in evidenza mediante l'uso di un magnete, formato da una sbarra di acciaio sottile sospesa per il suo centro di gravità e libera di ruotare, quasi senza attrito, nel piano orizzontale.

Un magnete così fatto si chiama *ago magnetico* e tende a disporsi sempre con il suo asse nella direzione dei poli magnetici della terra (fig. 64).

Il piano verticale che passa per l'asse dell'ago disposto in tale posizione dicesi *meridiano magnetico*. Su tale principio dell'ago magnetico che tende a mantenere invariata la posizione è basata la *bussola* ad uso dei naviganti.

Notandosi che l'ago magnetico dirige sempre una stessa estremità verso il polo Nord magnetico e l'altra verso il polo Sud magnetico, si trae da ciò la conclusione che esistono due ben diverse specie di magnetismo in uno

stesso magnete, concentrate alle estremità e che vengono perciò distinte coi nomi di *magnetismo Nord* e *magnetismo Sud*.

Ciò è anche confermato dall'azione reciproca di due aghi magnetici posti in vicinanza uno dall'altro; in tal caso si nota che il polo Nord di un ago attrae il polo Sud dell'altro, mentre ne respinge il polo Nord, e viceversa; possiamo dunque dire che *magnetismi dello stesso nome si respingono mentre magnetismi di nome contrario si attraggono* (fig. 65).

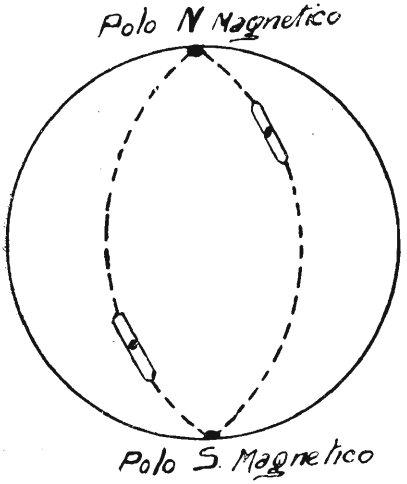


Fig. 64.

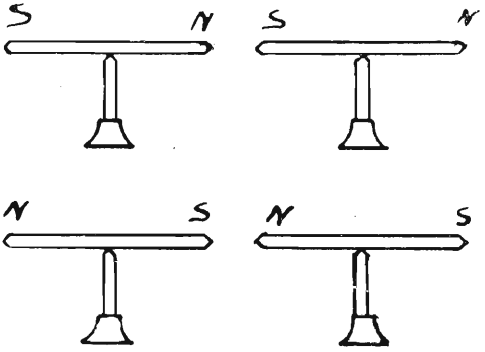


Fig. 65.

Per convenzione si chiama polo Nord o positivo dell'ago l'estremità che si dirige verso il polo Nord magnetico, e polo Sud o negativo l'altra.

Da quanto si è detto risulta che tra due magneti posti vicini si esercitano delle forze di attrazione o repulsione, concentrate nei poli dei magneti le quali si compongono in una risultante che sarà di attrazione o repulsione a seconda che, prevale l'azione dei poli dello stesso nome o quella dei poli di nome contrario.

Il fisico Coulomb dopo lunghe e pazienti esperienze dimostrò che le forze di attrazione magnetica obbediscono, come le forze di attrazione elettrostatiche, alle leggi di Newton, e verificò inoltre che la quantità di magnetismo contenuta in un polo di un magnete, è sempre uguale a quella contenuta nell'altro polo dello stesso magnete.

La legge di Coulomb è espressa dalla formula:

$$F = \frac{m_1 \, m_2}{d^2} \, K$$

nella quale m_1 ed m_2 sono le due masse magnetiche fra le quali si esercita la forza magnetica da misurare, d è la distanza fra le due masse, e K un coefficiente che dipende dal mezzo nel quale le due masse sono immerse.

Come si vede dalla formula, F può essere positiva (repulsione) e negativa (attrazione) a seconda dei segni di m_1 ed m_2; infatti se m_1 ed m_2 sono entrambi positivi (Nord) od entrambi negativi (Sud) il loro prodotto sarà positivo e quindi anche F (repulsione); se invece m_1 e m_2 sono di segno contrario il loro prodotto sarà negativo e quindi anche F (attrazione).

In base alla legge di Coulomb si definisce come *unità di quantità magnetica o di massa magnetica*, quella quantità magnetica Nord che respinge con la forza di una dine una massa identica posta alla distanza di un centimetro.

§ 30 — Ipotesi sulla costituzione del magnetismo

Le due diverse specie di magnetismo Nord e Sud sono sempre coesistenti, vale a dire non è possibile avere in un magnete soltanto un polo Nord o soltanto un polo Sud. Se infatti rompiamo per metà un magnete possiamo facilmente verificare che ciascuna delle due metà diventa un magnete perfetto dotato cioè di un polo Nord e di un polo Sud e questa operazione si potrebbe ripetere all'infinito sempre con lo stesso risultato (fig. 66).

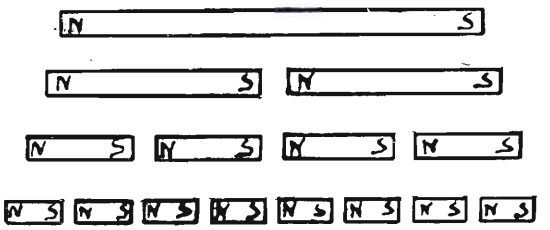


Fig. 66.

Ciò convalida una delle più diffuse ipotesi sulla costituzione del magnetismo secondo la quale nei magneti tutti gli atomi o gruppi di atomi, di cui il magnete è composto, sarebbero dei magnetini elementari disposti tutti con i poli omonimi nella stessa direzione; nell'interno del magnete tutti gli infiniti poli Nord e Sud influenzandosi si annullerebbero fra di loro mentre alle estremità concorrerebbero a formare le polarità opposte del magnete.

Nei corpi magnetizzabili invece esisterebbero egualmente infiniti magnetini elementari ma essi sarebbero orientati liberamente in tutte le direzioni in modo che le loro polarità opposte si annullerebbero tutte a vicenda.

L'azione magnetizzante di un altro magnete consisterebbe appunto nel far sì che tutti i magneti elementari si orientino ugualmente disponendosi con tutti i poli del medesimo nome da una stessa parte.

Questa teoria ci dà anche ragione della *saturazione* dei magneti artificiali poichè è evidente che quando si sarà ottenuto, coll'operazione della magnetizzazione, che tutti i magneti elementari si siano orientati, avremo ottenuto il massimo risultato possibile, con il metallo di cui ci siamo serviti per costituire il magnete artificiale.

§ 31 -- **Campo magnetico - Circuito magnetico**

Si definisce *campo magnetico* di una massa magnetica lo spazio nel quale sono sensibili le forze magnetiche generate dalla massa stessa; si chiamano *direzione*, *senso* e *intensità* di un campo magnetico in un dato punto, la direzione, il senso e l'intensità della forza con la quale sarebbe sollecitata a muoversi un'unità di massa magnetica posta in quel punto.

L'unità di intensità del campo magnetico si chiama *Gauss* e corrisponde all'intensità di un campo di un punto nel quale la massa magnetica unitaria è sollecitata a muoversi con la forza di una dine.

Se, per esempio, in un certo punto di un dato campo magnetico constatiamo che la massa magnetica 1 è sollecitata a muoversi con la forza di 100 dine, diremo che l'intensità del campo in quel punto è di 100 Gauss; oppure se in un altro punto constatiamo che la massa magnetica 3 è sollecitata a muoversi con la forza di 50 dine, diremo che l'intensità del campo, in quest'altro punto, è di:

$$3 \times 50 = 150 \text{ Gauss.}$$

L'intensità del campo si usa indicare con la lettera H.

Disponiamo adesso una calamita sopra un tavolo, e poggiamovi sopra un cartoncino sul quale faremo cadere lentamente della limatura di ferro molto fine; se avremo cura durante l'operazione di dare dei leggeri colpetti con le dita al cartoncino e se distribuiremo uniformemente la limatura vedremo in breve che questa assume una disposizione particolare secondo certe linee le quali ci dimostrano il modo con cui si esercitano le azioni magne-

tiche (fig. 67). Queste linee si chiamano *linee di forza* ed il loro sistema costituisce il cosidetto *spettro magnetico*.

Le particelle di ferro della limatura, appena entrano nel campo magnetico della calamita, per un fenomeno di cui parleremo in seguito, divengono esse stesse dei piccoli magneti, e, come tali, appena giunte sul cartoncino si orientano tutte secondo le linee di forza passanti per i punti del campo nei quali sono venute a trovarsi e si attaccano le une con le altre.

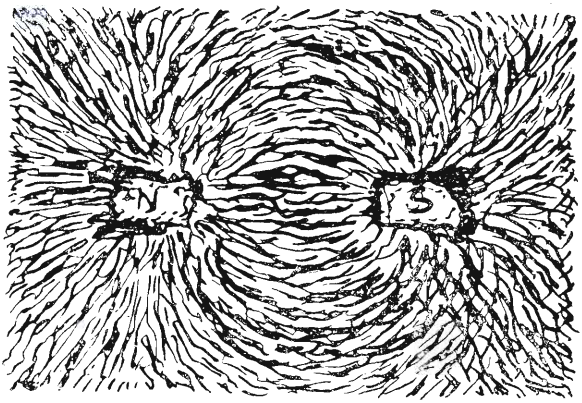


Fig. 67.

In definitiva vedremo disegnarsi sul cartoncino tante linee di limatura le quali non sono altro che la materializzazione di altrettante linee di forza del campo magnetico; se in un punto qualsiasi di una di queste linee si pone un ago magnetico noi lo vedremo disporsi in modo che il suo asse longitudinale risulti tangente alla linea nel punto scelto, ammesso però che la calamita sia sufficientemente potente da potersi considerare trascurabile l'influenza del campo magnetico terrestre, in confronto all'azione del suo campo.

Lo spettro magnetico ci mostra che le linee di forza partono da un polo e raggiungono il polo opposto. Le più esterne però si disperdono ad una certa distanza dalla calamita, e ciò perchè, come insegna la legge di Coulomb, la forza magnetica diminuisce rapidamente man mano che ci si allontana dalla calamita e diventa insufficiente ad orientare le particelle di limatura più lontane (fig. 68).

Poichè per definizione il senso del campo è quello nel quale si muoverebbe una massa magnetica unitaria Nord, si usa dire che le linee di forza *escono* dal polo Nord ed *entrano* per il polo Sud; si ammette però che le

linee di forza continuino anche nell'interno del magnete andando dal Sud al Nord in modo da percorrere una linea chiusa che si chiama *circuito magnetico.*

In pratica si usa spesso, nella rappresentazione grafica dei campi magnetici, disegnare un numero di linee di forza uguale o proporzionale all'intensità del campo, ed in tal caso si usa anche dire che l'intensità è di tante linee di forza per cm^2 (fig. 69).

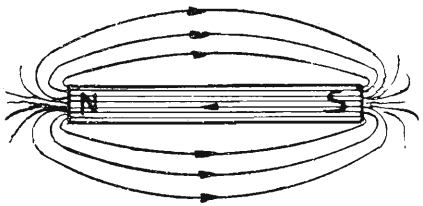


Fig. 68.

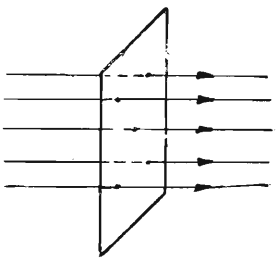


Fig. 69.

Se, per esempio, l'intensità di un campo magnetico è di 5 Gauss si disegnano le linee di forza in maniera che ve ne siano cinque per ogni cm^2 di superficie perpendicolare al campo.

Questa convenzione permette facilmente di distinguere, nei campi non uniformi, le zone di diversa intensità del campo poichè dove questa è più forte le linee di forza saranno più fitte e viceversa (1).

Il prodotto di questa superficie per l'intensità del campo magnetico, supposto uniforme e perpendicolare alla superficie stessa, si chiama *flusso magnetico* e si indica in generale con la lettera greca Φ. L'unità di flusso magnetico viene chiamata *Maxwell.*

Indicando quindi con S la superficie di un piano supposto normale in ogni suo punto alle linee di forza avremo: $\Phi = H\ S$.

Ad esempio pratico si può dire che in una tale superficie di un metro quadrato, attraversata da un campo magnetico di 0,50 Gauss, il flusso sarebbe 0,50 Gauss $\times$ 10.000 cm^2 = 5.000 mawell.

Se si curva a cerchio (fig. 70-a) un magnete in modo che i due poli si trovino avvicinati, le linee di forza si troveranno addensate fra i poli, cioè il flusso magnetico passerà quasi totalmente da un polo all'altro senza disper-

(1) Naturalmente però le linee di forza di qualsiasi campo magnetico sono in realtà infinite poichè ne passa una, per ciascuno degli infiniti punti dello spazio compresi nel campo magnetico.

dersi nello spazio intorno. Se si avvicinano ancora i poli fino a portarli a contatto (fig. 70-b) nessuna linea di forza attraverserà più lo spazio, non vi saranno più poli, non vi saranno più azioni magnetiche esterne; si dice allora che un tal sistema costituisce un *circuito magnetico chiuso.*

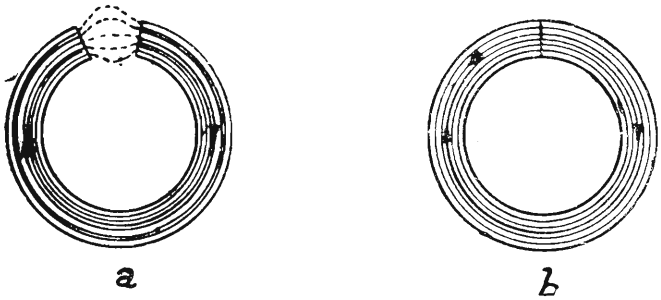


Fig. 70.

Considerando l'azione del campo magnetico sopra il magnete stesso che lo produce, possiamo notare come, dato che il flusso magnetico emesso si diffonde in tutte le direzioni, una parte di esso ritornerà al polo Sud passando dall'interno del magnete stesso ed eserciterà così una azione contraria al flusso esterno che si chiude attraverso il magnete dal polo Sud al polo Nord.

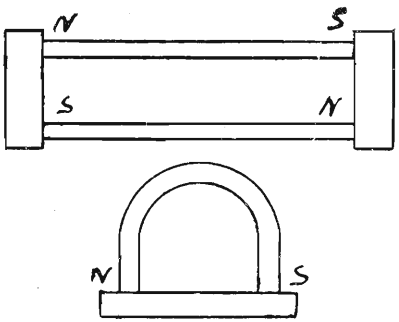


Fig. 71.

Questa azione di contrasto dicesi *forza smagnetizzante* e tende a diminuire il magnetismo proprio di un magnete. E' necessario quindi cercare di annullare o ridurre questa forza e questo lo si ottiene costruendo magneti molto lunghi rispetto alle sezioni e chiudendo il circuito magnetico con un pezzo di ferro o *àncora*, che unisce i due poli. In questo modo non essendovi più poli la forza magnetizzante è nulla (fig. 71).

§ 32 - Permeabilità e induzione magnetica Materiali magnetici

La magnetizzazione per influenza, dopo le considerazioni esposte, può essere attribuita ad una proprietà del ferro, o comunque di altri corpi, di concentrare nel loro interno le linee di forza del campo magnetico nel quale i corpi sono immersi. Questa proprietà si esprime dicendo che i diversi materiali godono di una *permeabilità magnetica* più o meno accentuata.

Abbiamo detto al principio di questo capitolo che i magneti erano capaci di attirare in modo ben visibile il ferro ed il nikel; se si agisce con mezzi di ricerca più delicati si può osservare che l'attrazione si manifesta molto più debolmente per altre sostanze dette *paramagnetiche* quali sono il cobalto, il manganese, ecc.

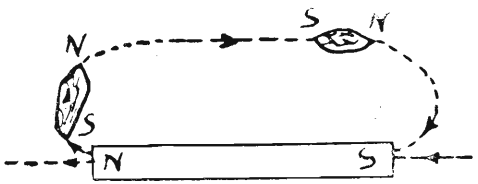


Fig. 72.

Alcune altre come l'aria, il vetro, ecc., sono *inerti* ed altre infine come l'antimonio, il bismuto, l'alluminio, il rame subiscono una azione repulsiva estremamente debole e diconsi sostanze *diamagnetiche*. Se in un campo magnetico si pone una sostanza paramagnetica questa sotto l'azione del campo diviene una calamita e nella zona colpita per primo dalle linee di forza, considerate nel senso positivo (da Nord a Sud), si manifesta una polarità Sud, e nella zona da cui le linee di forza escono si genera una polarità Nord (fig. 72). Questo fenomeno ha preso il nome di *induzione* magnetica, analogamente alla induzione elettrica.

Se il corpo indotto è di ferro dolce la magnetizzazione cessa quasi totalmente se si annulla il campo; per l'acciaio invece la magnetizzazione permane in parte (*magnetismo residuo*) e questo ci permette di ottenere con l'acciaio delle *calamite permanenti*.

CAPITOLO VIII.

Elettromagnetismo

§ 33 — Campo magnetico prodotto da una corrente Regole per determinare il senso - Solenoidi

Facciamo attraversare, da un conduttore disposto verticalmente, un foglio orizzontale di carta (fig. 73) sul quale cada della limatura di ferro. Inviando corrente nel conduttore vedremo che i granelli di limatura si disporranno secondo circonferenze concentriche. Questo fatto ci dimostra chiaramente che intorno al conduttore si è creato un campo magnetico, le cui linee

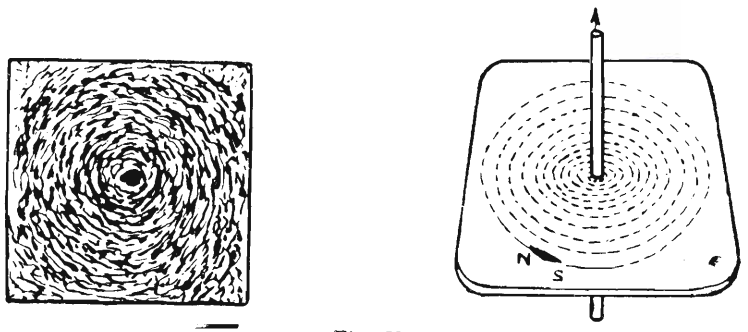


Fig. 73.

di forza sono delle circonferenze disposte in piani perpendicolari all'asse del conduttore ed aventi i centri su questo asse. Se in un punto qualunque delle circonferenze (linee di forza) sistemiamo un ago magnetico, osserveremo che esso si disporrà tangenzialmente alla circonferenza stessa; inoltre se invertiamo il senso della corrente del conduttore, l'ago si disporrà sempre tangenzialmente alla circonferenza, ma, dopo aver ruotato sul suo asse di 180°. Ciò dimostra che la inversione del senso della corrente produce la inversione della direzione delle linee di forza del campo magnetico da essa corrente generato.

Per determinare la direzione delle linee di forza in relazione al senso della corrente esistono varie regole delle quali citeremo la regola di Ampère e la regola di Maxwell.

Ampère caratterizzò il verso del campo magnetico prodotto da una corrente elettrica che percorre un conduttore, constatando che è diretto verso la sinistra dell'osservatore qualora esso osservatore si immagini disteso lungo il conduttore col corpo attraversato dalla corrente nel senso dai piedi alla testa.

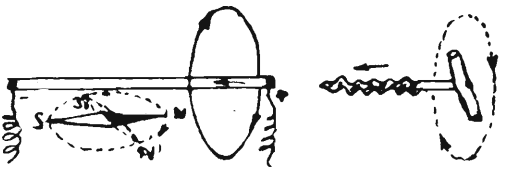


Fig. 74.

La regola di Maxwell, che dà pure la direzione del campo, si enuncia così: Supposto che l'asse di una vite ordinaria o di un cavaturaccioli rappresenti il filo percorso da una corrente e la direzione della corrente sia quella del movimento dell'asse; quando si fa girare la vite entro una sede fissa (madrevite), la direzione del campo magnetico è quella del movimento di rotazione della vite.

Se diamo forma circolare al conduttore percorso dalla corrente vedremo (fig. 75) che, in questo caso, tutte le linee di forza create dalla corrente sono

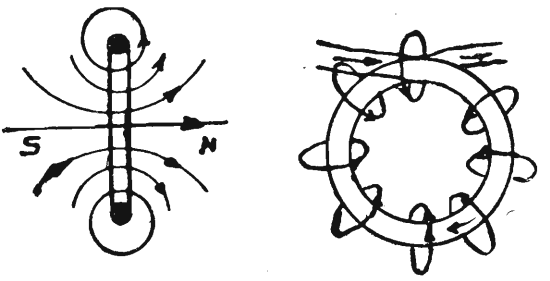


Fig. 75.

dirette nell'interno nel medesimo senso e quindi una corrente circolare chiusa si può ritenere, dal punto di vista magnetico, eguale ad una lamina magnetizzata trasversalmente e della quale le due faccie costituiscono i poli.

Se ora immaginiamo di avvolgere un conduttore su se stesso, a forma di

spirale (fig. 76) e di farlo percorrere da una corrente continua, avremo, per quanto è stato sopra detto, che ogni spira formerà una lamina magnetizzata e questo sistema di lamine eliderà, nell'interno della spirale stessa, tutte le polarità a contatto non rimanendo liberi agli estremi della serie che due poli

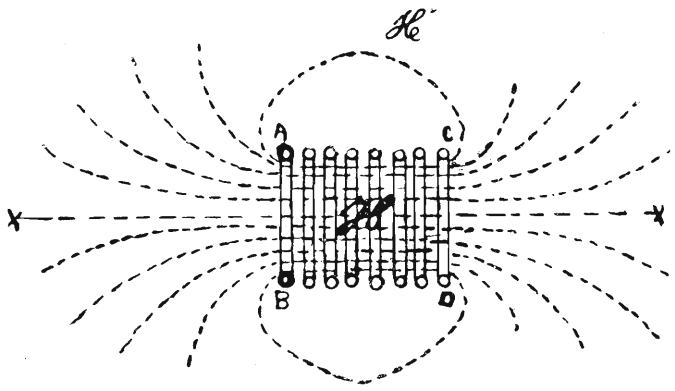


Fig. 76.

diversi. Una simile spirale prende il nome di *solenoide*. Se un solenoide si sospende in modo da poter liberamente girare esso si orienta come un ago magnetico. Disponendo lungo l'asse del solenoide un piano orizzontale (fig. 77) e lasciando cadere sopra il piano della limatura di ferro, vedremo

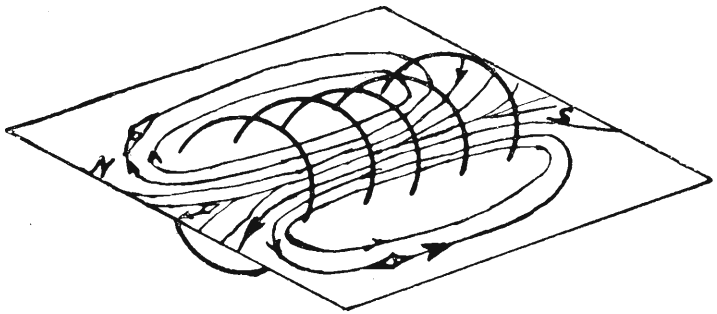


Fig. 77.

che i granelli si dispongono secondo le ben conosciute linee di forza. Un solenoide crea dunque all'interno ed all'esterno un campo magnetico e può quindi essere paragonato ad una sbarra magnetica cilindrica. Un solenoide,

inoltre, può essere curvato ad anello e non presentare estremità libere; in questa forma esso si comporta come un magnete circolare chiuso.

I solenoidi hanno una grande importanza nella pratica per la creazione di campi magnetici intensi.

E' assai utile poter conoscere il valore dell'intensità del campo magnetico di un determinato solenoide. Indicandone con l la lunghezza in centimetri, con n il numero delle spire, con I l'intensità della corrente che in esso circola, si dimostra che il valore del campo magnetico espresso in Gauss è:

$$H = \frac{4 \pi n I}{10 l} \text{ dove } \pi \text{ ha il solito valore di } 3{,}1416;$$

ossia: $$H = 1{,}257 \frac{n I}{l}$$

Da questa formula si vede che l'*intensità del campo nell'interno di un solenoide è inversamente proporzionale alla sua lunghezza e direttamente proporzionale al prodotto del numero delle spire per l'intensità della corrente.* Questo prodotto chiamasi *ampère-spire.*

Applicazione: Calcolare l'intensità del campo nell'interno di un solenoide di lunghezza l = un metro, avente n = 400 spire, percorso da una corrente I = 20 ampère.

Avremo:

$$H = 1{,}257 \frac{400 \times 20}{100} = 100 \text{ gauss.}$$

§ 34 — **Forza magnetizzante - Riluttanza**

Quando nell'interno di un solenoide si introduce un nucleo di ferro, il flusso magnetico acquista un valore considerevole, maggiore di quello che aveva prima. Il numero delle linee di forza che attraverso il nucleo di ferro è molto maggiore di quello che prima attraversava l'aria.

Se il campo magnetico nell'interno di un solenoide, prima della introduzione del nucleo di ferro, aveva un certo valore H, dopo la introduzione del nucleo esso acquista un valore molto grande, che la teoria dimostra essere:

$$B = \mu H = \mu \frac{4 \pi n I}{10 l}$$

B dicesi *induzione magnetica* prodotta dal campo di *intensità* H e μ dicesi *coefficiente di permeabilità del ferro.* La tabella 21 in appendice ci fornisce

i valori di H, B e μ per la ghisa grigia e per il ferro forgiato. Il nucleo di ferro introdotto nel solenoide diventa un vero magnete e l'intensità H, che è causa di questa magnetizzazione, prende perciò il nome di *forza magnetizzante*.

Abbiamo definito il flusso magnetico di un magnete e lo abbiamo espresso con la formula:

$$\Phi = H\ S, \text{ dove H era l'intensità del campo;}$$

analogamente esprimeremo il flusso magnetico attraverso un nucleo di ferro di sezione S, introdotto in un solenoide, con la formula:

$\Phi = B\ S = \mu\ H\ S$ dalla quale, dando ad H il proprio valore, avremo:

$$\Phi = \mu \frac{4\pi\, n\, I\, S}{10\ l}$$

Questa formula, con semplice procedimento aritmetico, si può anche scrivere:

$$\Phi = \frac{\frac{4\pi\ n\ I}{10}}{\frac{l}{\mu\ S}}$$

Al numeratore di questa frazione si dà il nome di *Forma magnetomotrice* ed al denominatore quello di *resistenza magnetica* o *riluttanza*.

Avremo in definitiva:

$$\text{Flusso magnetico} = \frac{\text{forza magneto-motrice}}{\text{riluttanza}}$$

analoga alla formula che già conosciamo per la corrente elettrica (legge di Ohm):

$$\text{corrente elettrica} = \frac{\text{forza elettro-motrice}}{\text{resistenza}}$$

I circuiti magnetici delle macchine elettriche sono quasi sempre circuiti complessi di ferro lamellare, ferro forgiato, ghisa, acciaio, aria. Nei calcoli si presenta quasi sempre il problema: dato un flusso Φ di linee di forza, cercare gli ampère spire necessari per ottenere il detto flusso con determinate qualità di materiali, e determinate lunghezze e sezioni di nuclei. In questi casi si stabiliscono in via approssimativa con schizzi e disegni le dimensioni

del circuito magnetico nelle sue varie parti. La sezione dei nuclei è arbitraria e si fissa ritenendo che usualmente nella costruzione delle macchine elettriche il valore di B sia:

da 6000 a 12000 gauss per i nuclei di ferro lamellare
» 2000 » 6000 » per i nuclei di ghisa grigia
» 3000 » 8000 » per i nuclei di ghisa malleabile
» 10000 » 15000 » per i nuclei di ferro forgiato o di acciaio.

In altri casi si presenta il problema contrario: date le dimensioni delle parti di un circuito magnetico e la forza magneto-motrice, trovare il flusso Φ di linee di forza.

In ambedue i problemi valgono, per la risoluzione, le formule precedenti.

L'analogia fra magnetismo ed elettricità si può spingere oltre. Un circuito magnetico può essere costituito da diversi tronchi di diversa sezione, di diversa permeabilità. Con espressioni analoghe a quelle usate per i circuiti elettrici, affermiamo senz'altro che, supponendo il flusso costante in tutte le sezioni e cioè nulle le dispersioni magnetiche, la *riluttanza di un circuito magnetico è eguale alla somma delle riluttanze distribuite nel circuito* e che *la forza magneto-motrice totale di un circuito magnetico è eguale alla somma delle forze magneto-motrici distribuite nel circuito*. Ai circuiti magnetici si applicano cioè, come ai circuiti elettrici, le leggi di Kirchoff.

Lo specchietto seguente riassume le analogie fra elettricità e magnetismo:

Elettricità	**Magnetismo**
Circuito elettrico	Circuito magnetico
Corrente o flusso elettrico	Flusso magnetico
Forza elettromotrice	Forza magneto motrice
Resistenza	Riluttanza
Conducibilità	Permeabilità

E' necessario però ricordare sempre che l'analogia fino ad ora affermata è però solamente analogia di formule e di espressioni e non analogia fisica tra i fenomeni messi a confronto.

§ 35 — **Saturazione - Isteresi magnetica**

Prendiamo una semplice spirale di conduttore e facciamola percorrere da una corrente continuamente crescente di intensità. Misurando ripetutamente il valore del campo magnetico prodotto, noi vedremo che esso aumen-

terà sempre, fino a che il filo della spirale possa sopportare la crescente intensità di corrente.

Se invece si fa percorrere da una corrente di intensità sempre crescente, un solenoide con nucleo di ferro, noi osserveremo che il valore del magnetismo aumenta rapidamente fino ad un certo valore; oltre a questo valore l'aumento diventa piccolissimo, anche continuando ad aumentare l'intensità della corrente che lo produce. In altre parole, il ferro si magnetizza assai rapidamente sul principio, ma poi, raggiunta una certa magnetizzazione, anche aumentando notevolmente l'intensità della corrente magnetizzante, esso non è più suscettibile di concentrare un numero maggiore di linee di forza. Si dice allora che il ferro ha raggiunto lo stato di *saturazione magnetica*. (Vedi fiig. 78).

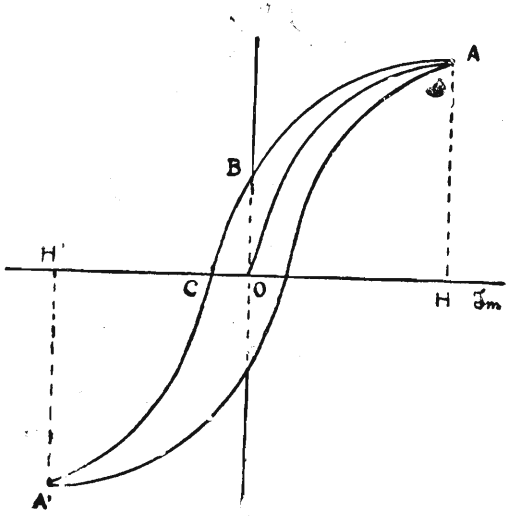


Fig. 78.

Dopo che un solenoide ha raggiunto il suo massimo stadio di magnetizzazione (punto indicato in figura colla lettera A), se facciamo diminuire la intensità della corrente magnetizzante fino al valore zero, osserviamo che il nucleo di ferro conserva ancora una certa quantità di magnetismo che chiamasi magnetismo residuo (segmento O B). Il valore di questo magnetismo varia secondo la natura e la specie del metallo di cui è composto il nucleo: per l'acciaio è, ad esempio, maggiore che per il ferro e per la ghisa. Per annullare questo magnetismo residuo creiamo, *invertendo la corrente nella spirale*, un campo magnetico contrario a quello che lo ha prodotto. Ci accorge-

remo che la nuova magnetizzazione non va di pari passo con la corrente elettrica ma la segue in ritardo; il fenomeno, cioè, si presenta come se la sostanza magnetica ritardasse l'azione della forza magnetizzante opponendo una certa resistenza od un certo *attrito*.

Tale proprietà dei corpi magnetici è stata chiamata *isteresi magnetica* e si può definire come la conseguenza di un attrito molecolare che le particelle del metallo, di cui è composto il nucleo, trovano nell'orientarsi sotto l'azione della corrente variabile in senso alternativamente contrario (v. cap. preced. circa l'ipotesi sulla costituzione del magnetismo). Riassumendo potremo dire che quando un nucleo di ferro, o di altra sostanza magnetica, viene sottoposto alla magnetizzazione di una corrente che cambi alternativamente di senso, si compie in esso un lavoro di orientamento negli infiniti magneti elementari che compongono il corpo magnetico stesso; questo lavoro rappresenta una pura perdita di energia la quale, come è facile notare, si trasforma in calore. A tale perdita ed a tale riscaldamento sono soggette, come vedremo in seguito, le armature di ferro delle dinamo, i nuclei degli indotti degli alternatori, i nuclei dei trasformatori, ecc. I fabbricanti di macchine elettriche, ove sovente si trovano nuclei di ferro soggetti a fenomeni di isteresi, fanno accurati studi per usare qualità di ferro ove siano ridotte al minimo le perdite, per isteresi, e notevoli sono gli ultimi progressi raggiunti in questo campo. Accenneremo, a vantaggio dello studioso, che la perdita per isteresi al secondo, in un corpo di volume V e soggetto a corrente variabile con n variazioni al secondo, è data dalla formula:

$$V_{joule} = \eta \frac{B^{1,6}\, V\, n}{10^7}$$

dove il coefficiente η è riportato, per diverse sostanze, dalla Tab. 22 in appendice.

I fenomeni di induzione ci hanno dunque mostrato che per ottenere un magnete basta immergere una sostanza paramagnetica in un campo magnetico sufficientemente intenso. Abbiamo anche visto che le sostanze magnetiche conservano, in parte più o meno grande, la magnetizzazione raggiunta per effetto del campo. L'acciaio, per esempio, dato il forte valore di magnetismo residuo che può accumulare, è usato per la costruzione di magneti o calamite artificiali, mentre che il ferro dolce o le altre sostanze paramagnetiche sono usate nei casi dove è necessario che la magnetizzazione svanisca subito dopo il cessare del campo.

§ 36 — **Elettromagneti**

Abbiamo detto che un nucleo di ferro introdotto nell'interno di un solenoide percorso da una determinata corrente, diventa un vero magnete.

Il sistema costituito dal nucleo e dal solenoide prende il nome di *elettromagnete;* il solenoide, per lo più formato da un gran numero di spire avvolte sopra un'anima di cartone, o di legno, o di un metallo non magnetico, dicesi *rocchetto.* Il nucleo di *ferro dolce,* introdotto nel solenoide, perde quasi totalmente la magnetizzazione quando viene a cessare la corrente e per questo chiamasi *magnete temporaneo.* Ciò è necessario negli elettromagneti, perchè in essi il magnetismo residuo può essere in molti casi dannoso, quando ad esempio, si vogliono provocare su di una barretta di ferro attrazioni che debbono scomparire al cessare della corrente, come avviene nelle macchine telegrafiche e negli avvistatori elettrici.

La forza complessiva degli elettromagneti varia moltissimo secondo gli scopi per i quali vengono costruiti; la loro sezione è però generalmente circolare, onde evitare, riducendo al minimo il perimetro delle spire, una eccessiva lunghezza dell'avvolgimento. Ordinariamente si usa la forma a *ferro di cavallo* (fig. 79). E' opportuno notare come, affinchè le azioni magnetiz-

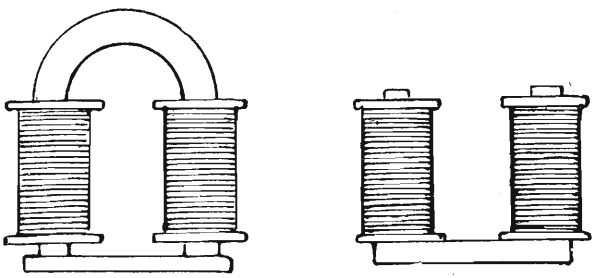


Fig. 79.

zanti dei due rocchetti presentino agli estremi del nucleo di ferro due poli di nome contrario, gli avvolgimenti delle spire sui due rocchetti *devono essere fatti in senso contrario,* rispetto ad un osservatore che guarda i poli.

Gli elettromagneti sono in generale usati per attirare, quando una corrente li attraversa, un'àncora mobile di ferro, la quale, quando in riposo, si trova affacciata ai poli ed a piccolissima distanza da essi (fig. 80). Nell'industria si usano elettrocalamite per sollevare pesi di varie tonnellate e con ottimo rendimento.

Per aumentare la sensibilità degli elettromagneti, ciò che è di massima importanza in telegrafia con o senza fili, si aumenta la forza magneto-motrice dei rocchetti costruendoli con un numero grandissimo di spire. Questi elettromagneti sensibili prendono il nome di *relais* o *soccorritori* (fig. 81).

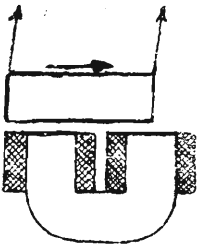


Fig. 80.

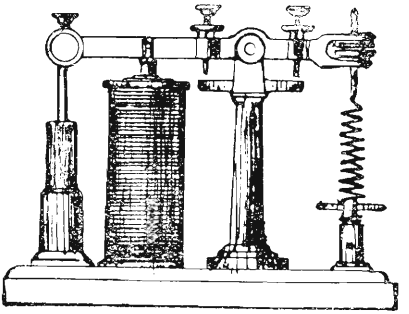


Fig. 81.

In questo tipo di relais la distanza fra l'àncora H ed il polo dell'elettromagnete è facilmente regolabile. L'attrazione dell'àncora determina inoltre l'abbassamento di un'asta metallica entro un tubo di vetro contenente mercurio. Se l'asta ed il mercurio fanno parte di un circuito locale il quale possa essere percorso da una corrente abbastanza intensa da produrre effetti considerevoli, questo circuito vien chiuso quando il relais riceve una corrente anche minima cioè quando l'àncora abbassandosi viene a contatto con il mercurio. Si può quindi ottenere su di un determinato circuito una azione intensa, inviando solo una debolissima corrente nel rocchetto.

E' possibile calcolare la forza portante degli elettromagneti: essa è data in kilogrammi dalla semplice formula:

$$F_{Kg.} = \frac{B^2 S}{25000000}$$

dove S è la sezione in centimetri quadrati del nucleo e B è espresso in gauss.

Applicazione: Calcolare la forza portante di un elettromagnete che abbia la sezione di 10 centimetri quadrati e per il quale l'induzione B si può ritenere di 2000 gauss.

Avremo:

$$F_{Kg} = \frac{2000^2 \times 10}{25000000} = 1600$$

Se invece dell'induzione è dato il valore della corrente che circola nel solenoide, la sua lunghezza ed il numero delle spire dell'avvolgimento (ampère-spire), si può facilmente da queste passare al valore dell'induzione mediante le formule precedentemente riportate nel § 33.

I procedimenti con i quali in passato si magnetizzavano sbarre di acciaio per fabbricare *magneti artificiali* consistevano sommariamente nel far scorrere in contatto di esse ed in senso opportuno altri magneti artificiali; ciò equivaleva, per quanto abbiamo detto, a sottoporle all'azione di un campo magnetico. In modo più rapido si ottengono oggi dei magneti artificiali facendo passare le linee di forza del campo magnetico creato da un elettromagnete attraverso le sbarre di acciaio e nel senso della loro lunghezza.

Per finire l'argomento diremo due parole sul *potere succhiante dei solenoidi.*

Abbiasi un magnete N-S (fig. 82) sospeso per il suo centro di gravità ed in prossimità di un solenoide percorso da corrente. Noteremo subito come il magnete si dispone con il suo asse parallelo a quello del solenoide. Esso verrà respinto od attratto secondo che i poli affacciati sono dello stesso nome e di nome contrario (fig. 82-a-b).

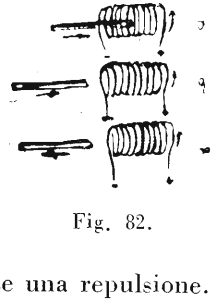


Fig. 82.

Nel primo caso le linee di forza del magnete uscenti dal polo N incontrano quelle che escono dalla estremità del solenoide che gli è affacciata, la quale è N, e ne nasce una repulsione. Se invece è il polo S del magnete che si trova di fronte a questa faccia N, le linee uscenti dal solenoide entrano per il polo S del magnete e, per una loro certa tendenza ad accorciarsi, attirano il magnete. Siccome questa attrazione, per la sovrapposizione dei due campi, è aumentata, il magnete entrerà nell'interno del solenoide; sarà come si suol dire *aspirato* (fig. 82-c) e continuerà a spostarsi fino a che il suo centro non coinciderà con quello del solenoide (fig. 82-d), perchè in questa posizione la faccia S del magnete respingerà il polo S del solenoide ed altrettanto avverrà tra la faccia N ed il polo N. In ciò consiste il potere succhiante dei solenoidi.

§ 37 — **Azioni fra correnti o fra correnti e campi magnetici**

Abbiamo visto come, dal punto di vista magnetico, le correnti ed i magneti si equivalgono completamente. Per esempio, una corrente circolare chiusa equivale ad una lamina magnetica avente lo stesso contorno; ne derivano quindi le attrazioni e repulsioni fra i magneti e le correnti così come

avveniva l'orientamento dei solenoidi. Il fisico Ampère, con una serie di esperienze, ha verificato e calcolato queste azioni e ne ha determinato il senso.

Passiamo ad esaminare i diversi casi che hanno importanza nella pratica:

1° - *Due correnti parallele se sono dirette nello stesso senso si attraggono: se dirette in senso contrario si respingono.*

Infatti (fig. 83) facendo una sezione del flusso intorno ai fili con un piano passante per i due fili, e segnando con + e — le polarità delle linee di forza, si riscontra che tra i due fili esistono polarità opposte e quindi attrazione.

Fig. 83.

2° - *Due correnti inclinate tendono a disporsi parallelamente.* Dalle figure 84 e 85, in cui sono segnate le polarità delle linee di forza sezionate, risulta il movimento che tendono a prendere i due conduttori in relazione alla direzione della corrente.

Fig. 84.

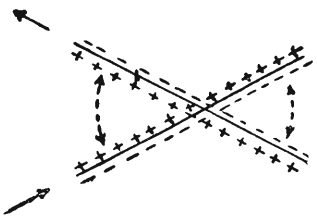


Fig. 85.

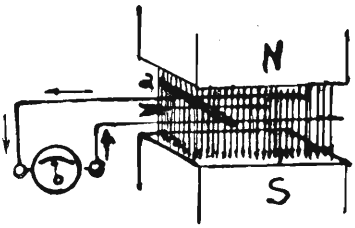


Fig. 86.

3° - *Un filo percorso da una corrente continua posto in un campo magnetico tende a muoversi trasversalmente tagliando le linee di forza in senso perpendicolare* (fig. 86). La più completa applicazione di questo principio si ha, come vedremo in seguito, nei motori elettrici.

Ampère trovava poi che, l'*azione fra due correnti è proporzionale al prodotto delle intensità delle correnti per le loro lunghezze ed inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza.*

In particolare avendo due tratti di conduttori percorsi dalle correnti

I ed I_1 paralleli, di lunghezza rispettivamente l ad l', e posti alla distanza d, la forza che si esercita fra essi può ritenersi espressa da:

$$F_{dine} \frac{2 I I_1}{10^2} \frac{l l'}{d^2}$$

dove le lunghezze sono espresse in centimetri e le intensità in ampères. La forza risulterà *positiva*, cioè di attrazione, se le correnti avranno eguale direzione e quindi le intensità eguale segno; risulterà *negativa*, cioè di repulsione, se le correnti avranno direzione contraria e quindi le intensità avranno segno diverso.

CAPITOLO IX.

Induzione elettromagnetica

§ 38 — Induzione elettromagnetica - Sue leggi

Supponiamo di avere due circuiti C_1 e C_2 a breve distanza l'uno dall'altro e che quello C_1 sia percorso da una corrente (fig. 87). Esso genererà un campo magnetico le cui linee di forza passeranno, in parte, anche attraverso il circuito C_2. Se nel circuito C_2 è inserito uno strumento di misura, noi potremo constatare che esso non accusa alcun passaggio di corrente; ma se noi, in modo qualsiasi, facciamo variare il flusso generato dal circuito C_1 osserveremo che lo strumento indica passaggio di corrente. Così pure se spingiamo (fig. 88) una sbarra magnetica nell'interno di un conduttore avvolto a spirale,

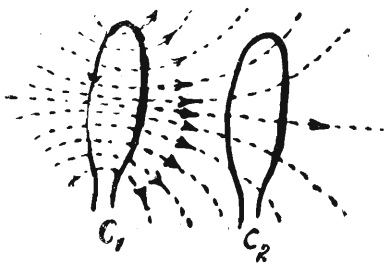


Fig. 87.

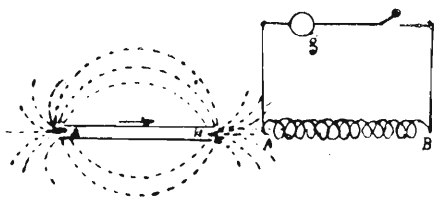


Fig. 88.

vedremo che, durante il tempo nel quale il magnete si muove verso l'avvolgimento, lo strumento di misura g accusa passaggio di corrente in un certo senso; estraendo poi il magnete dall'avvolgimento lo strumento indicherà passaggio di corrente in senso contrario. Il circuito, od il magnete che produce il campo si chiama *inducente*; il circuito nel quale si genera la corrente si chiama *indotto*. Da questi esperimenti possiamo trarre due considerazioni

utilissime. La prima che già conosciamo, mostra che il campo magnetico prodotto da un magnete ha lo stesso effetto sul circuito C_2 o sull'avvolgimento A B del campo magnetico prodotto da una corrente elettrica in un circuito.

La seconda ci dice che, per generare corrente in un circuito indotto, si può sia variare il numero delle linee di forza che un altro circuito inducente concatena con esso, sia spostare uno dei due circuiti rispetto all'altro.

In altre parole, in un circuito indotto, si crea una f. e. m. quando esso si sposta in un campo magnetico comunque prodotto, in modo da variare il numero delle linee di forza che lo attraversano, cioè il flusso concatenato con esso.

La f.e.m. così generata chiamasi f.e.m. indotta.

Potremo quindi enunciare il seguente principio: *Si ha f.e.m. indotta in un circuito conduttore tutte le volte che varia il flusso magnetico concatenato col circuito stesso.*

È comunque sia causata questa variazione del flusso, cioè con spostamenti del circuito nel campo magnetico, o con variazioni nel campo, ed in qualunque modo sia creato il campo, cioè con sistemi di correnti o con magneti, la grandezza della f.e.m. indotta può essere determinata mediante l'applicazione della seguente legge:

La f.e.m. indotta in un circuito è uguale al rapporto fra la variazione del flusso concatenato col circuito stesso, ed il tempo nel quale detta variazione è avvenuta.

Legge che può anche essere così espressa:

La f.e.m. indotta è, in grandezza, uguale alla velocità con la quale varia il flusso concatenato.

Se il circuito è chiuso, la f.e.m. indotta vi produce una corrente che chiamasi essa pure corrente indotta e cessa al cessare della f.e.m. quando termina la variazione del flusso.

Questi fenomeni vengono detti fenomeni di induzione.

La corrente indotta suscita a sua volta un campo magnetico proprio; quando le linee di forza del campo creato dalla corrente indotta hanno la stessa direzione delle linee di forza del campo induttore, la corrente dicesi *positiva;* dicesi *negativa* quando le linee di forza del campo da essa creato hanno direzione opposta a quella delle linee di forza del campo induttore. L'esperienza dimostra che la corrente indotta è positiva quando il flusso induttore diminuisce, è negativa quando il flusso induttore aumenta, risultato che ora ci permette di enunciare la *legge di Lenz:*

Il senso della corrente indotta è sempre tale da opporsi alla causa che la produce.

Esistono due regole semplici mnemoniche le quali ci indicano il senso della corrente indotta, conoscendo la direzione del campo magnetico induttore e quella del moto del circuito rispetto al campo stesso. Una di esse, trovata dal fisico Fleming da cui prende il nome, dice:

Si dispongono le prime tre dita della mano destra ad angolo retto (fig. 89) *in modo che il pollice sia diretto nel senso del campo, cioè secondo le linee di forza, ed il medio nel senso dello spostamento. L'indice indicherà la direzione della f.e.m. e quindi il senso della corrente che si sviluppa nel conduttore* (fig. 89).

L'altra regola mnemonica, pure molto utile, si presta in particolar modo per riconoscere la direzione della f.e.m. nelle macchine dinamo elettriche. La figura 90 rappresenta schematicamente una veduta parziale d'una sezione

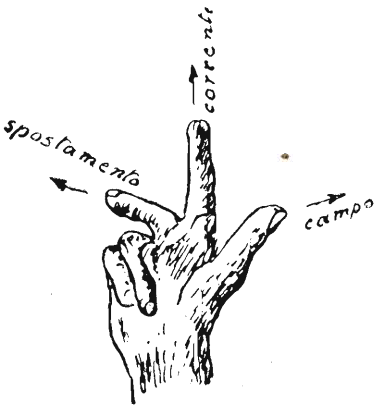


Fig. 89.

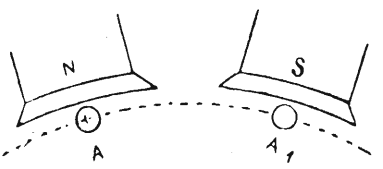


Fig. 90.

trasversale di una macchina elettrica; in essa con le lettere A ed A_1 è indicata in due posizioni successive la traccia d'un conduttore perpendicolare al piano delle figure.

Quando il conduttore ruota nel senso delle lancette dell'orologio, girando nell'interno di una corona di poli, la f.e.m. è in esso diretta in modo che entra nel piano della figura quando passa davanti al polo N ed esce dal piano stesso, quando passa davanti al polo S. L'artifizio della regola consiste nella coincidenza della prima consonante della prima sillaba della parola entra con N ed esce con S.

Abbiamo detto come sia una variazione del flusso attraverso un circuito, e quindi un aumento od una diminuzione del numero delle linee di forza intercettate dal circuito stesso, che in esso sviluppa una f.e.m. Nessuna f.e.m. si svilupperà dunque in un circuito che, pur muovendosi, non sia soggetto a

questa variazione. Immaginiamo un campo magnetico uniforme, nel quale le linee di forza saranno equidistanti e parallele; se un circuito di forma qualsiasi si muove nel campo mantenendosi parallelo a sè stesso, passando, per esempio, dalla posizione a alla posizione b oppure alla posizione c, il numero delle linee di forza che esso intercetta non varia e nessuna f.e.m. si svilupperà in esso. Ma se il circuito passasse dalla posizione a alla posizione d mediante una rotazione, il numero delle linee di forza da esso abbracciate andrebbe diminuendo e si svilupperebbe in esso una f.e.m. e quindi una corrente nel senso indicato dalla freccia (fig. 91).

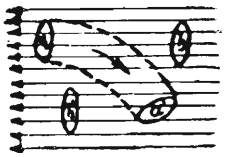


Fig. 91.

§ 39 — Autoinduzione e coefficiente di autoinduzione

Riprendendo in esame la figura 87 noi potremo notare che la variazione del campo magnetico prodotto dalla spira C_1 non solo influenza il circuito C_2 creando in esso una f.e.m. indotta, ma egualmente deve influenzare sè stesso e quindi possiamo dire che in un conduttore attraversato dalla corrente si manifestano delle f.e.m. e quindi delle correnti di induzione, dette di *autoinduzione* (1) ogni qualvolta si fa variare la intensità della corrente principale. Anche la f.e.m. di autoinduzione è diretta in modo da opporsi alla causa che la produce. Ed infatti quando la intensità della corrente *cresce* quella di autoinduzione ha senso contrario ad essa e quindi tende ad indebolirla; nel caso invece che la corrente principale decresca, quella di autoinduzione ne ha lo stesso senso e quindi tende a rinforzarla.

Il fenomeno delle correnti di autoinduzione può perciò paragonarsi ad un fenomeno di *inerzia* dell'elettricità, simile a quella delle masse materiali, studiata in meccanica. Il paragone riesce evidente se si ricorre all'analogia fra masse elettriche in moto lungo i conduttori e masse liquide in moto lungo i tubi. Se si cerca di accrescere il volume di liquido che passa nell'unità di tempo (intensità della corrente) si dovrà vincere l'inerzia del liquido che si manifesta come una forza antagonista (f.e.m. di autoinduzione); e viceversa se si cerca di diminuire il volume del liquido, l'inerzia anche questa volta si opporrà alla variazione come una forza diretta nel senso della corrente.

Un esempio, che chiarificherà meglio quanto si è detto lo possiamo

(*) Dette anche di selfinduzione.

prendere dal fenomeno della *extracorrente*, fenomeno che facilmente si può verificare quando si apre un circuito per mezzo di un interruttore.

Interrompendo un circuito, nel momento in cui la corrente principale tende a zero, si sviluppa una corrente di autoinduzione, detta *extracorrente di apertura*, diretta nello stesso senso, che sovrapponendosi alla corrente principale, provoca nel punto ove avviene l'apertura una visibile scintilla che può essere fortissima e pericolosa per l'interruttore e per il circuito se grande è l'autoinduzione del circuito stesso.

Il fenomeno della extracorrente di apertura può paragonarsi, nelle sue caratteristiche, al noto fenomeno del colpo di ariete in idraulica e cioè alla pericolosa sopraelevazione della pressione interna che si ha in una conduttura nella quale scorre l'acqua, allorchè se ne interrompe il moto bruscamente agendo su di un rubinetto.

Analogamente, chiudendo un circuito l'intensità della corrente dal valore zero deve raggiungere istantaneamente il valore di regime e questo rapido aumento, producendo un altrettanto rapido aumento nel valore del flusso prodotto dalla corrente stessa, dà luogo ad una notevole corrente di autoinduzione di direzione contraria a quella della corrente che si vuole lanciare nel circuito. Questa corrente detta *extracorrente di chiusura*, si sovrappone alla corrente principale, ne diminuisce l'intensità per un certo tempo ritardando lo stabilirsi della corrente di regime.

Il flusso prodotto da una corrente che percorre un determinato circuito può ritenersi proporzionale alla corrente stessa. Sarà cioè:

$$\Phi = L\,I$$

L è un coefficiente che dipende dalla autoinduzione presentata dal circuito e chiamasi *coefficiente di autoinduzione*.

Se nella formula precedente facciamo I = 1 ampère, cioè se supponiamo che la corrente nel circuito abbia per valore l'unità di intensità, avremo:

$$\Phi = L$$

Possiamo quindi dire che *il coefficiente di autoinduzione L è numericamente eguale al flusso che attraversa un circuito percorso dalla unità di corrente*. Esso dipende dalla forma del circuito e dal mezzo nel quale si sviluppa il flusso. L'unità di misura del coefficiente di autoinduzione si chiama *Henry*. Negli svariati manuali di elettricità che si trovano in commercio, lo studioso potrà trovare formule le quali danno il valore di L per diversi casi pratici.

§ 40 — **Mutua induzione e coefficiente di mutua induzione**

Due circuiti vicini percorsi da corrente variabile, evidentemente, dopo quanto abbiamo detto, si influenzano a vicenda. Infatti in ciascuno di essi, oltre alla f.e.m. applicata ed a quella di autoinduzione, si ha una f.e.m. che nasce dalla variazione di linee di forza prodotta dall'altro circuito. Questi due circuiti dànno cioè luogo a fenomeni di *mutua induzione*.

Si definisce come *coefficiente di mutua induzione fra due circuiti il flusso magnetico che proviene da un circuito ed attraversa l'altro quando ambedue i circuiti sono percorsi dall'unità di corrente.*

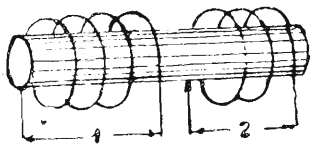


Fig. 92.

Consideriamo infatti i due circuiti chiusi 1 e 2 come nella figura 92. Quando si fa variare la corrente nel circuito 1 si formerà una corrente indotta nel circuito 2. Questa corrente produrrà un campo magnetico il quale attraversando le spire del circuito 1 vi susciterà una f.e.m. indotta. Per la legge di Lenz questa ultima f.e.m. indotta nel circuito 1 sarà diretta in senso contrario alla f.e.m. propria del circuito stesso se la corrente è in aumento, in senso opposto se in diminuzione. Analogamente avverrà se si farà variare la corrente nel circuito 2.

Conviene in molti casi, come ad esempio, nella telefonia con e senza filo, eliminare i fenomeni di autoinduzione. A questo si può in parte arrivare o formando il circuito con due fili eguali e paralleli od anche avvolgendo il filo conduttore in rocchetti in modo che gli strati successivi abbiano le spire in senso contrario. Con queste disposizioni la corrente avendo senso contrario nelle due metà del circuito, dà luogo a due campi cóntrari, eguali e vicini che si annullano. Non sempre è però possibile far ciò, perchè annullando i campi magnetici si vengono ad annullare gli effetti utili che si possono da essi ritrarre. Le resistenze prive di autoinduzione si chiamano *non induttive*.

§ 41 — **Correnti parassite o di Foucault**

Fino ad ora abbiamo considerato delle correnti indotte nei conduttori filiformi, i quali formano una guida naturale alla corrente. Invece di fili e solenoidi sottoponiamo dei pezzi metallici massicci, ad esempio: lamine, dischi, ecc., ad una variazione di campo magnetico. In tal caso le correnti

indotte si formano ugualmente, ma, non essendo il circuito determinato, esse circoleranno vorticosamente entro dei piani perpendicolari al flusso induttore. Queste correnti indotte poi, come quelle che abbiamo già studiate, si oppongono alla causa che le produce e quindi al movimento che le genera. Esse si chiamano correnti parassite o di Foucault, dal nome del fisico che per primo le studiò.

Foucault faceva rapidamente girare un disco di rame massiccio fra i poli di un potente elettromagnete (fig. 93); il disco girava con facilità fino a che l'elettromagnete non era eccitato. Non appena veniva eccitato, alla rotazione si opponevano le correnti indotte che creavano una resistenza considerevole, capace di riscaldare fortemente il disco qualora si fosse continuato a fornire il lavoro necessario per mantenerlo in rotazione. Queste correnti dunque rappresentano dell'energia che va perduta sotto forma di calore.

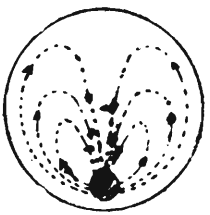


Fig. 93.

Si cerca sempre, nella pratica, di ridurre queste correnti nocive e ciò specialmente nella costruzione delle macchine elettriche le quali hanno ragguardevoli masse metalliche lanciate ad elevata velocità di rotazione. Questo si ottiene creando, opportunamente nelle masse degli ostacoli al propagarsi delle correnti indotte, mediante tagli praticati nelle masse stesse, oppure sostituendo i nuclei massicci con fasci di lamine isolati fra loro con carta e con vernici, e poi compressi insieme.

L'azione induttrice di un campo magnetico sopra un circuito viene affievolita dall'interposizione, fra induttore e indotto, di una lastra metallica.

Le variazioni del campo magnetico sviluppano allora nella lastra delle correnti indotte le quali, alla loro volta, sviluppano un campo contrario a quello che le ha generate. Una lastra metallica adibita a questo uso chiamasi *schermo elettromagnetico*.

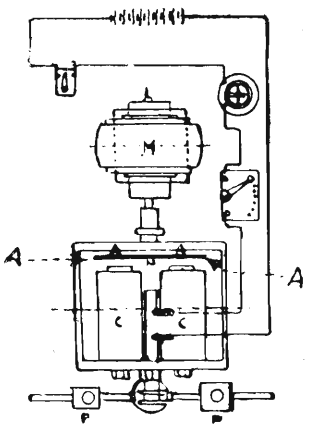


Fig. 94.

Il fenomeno delle correnti indotte è stato sfruttato nell'industria applicandolo alla costruzione di un freno elettromagnetico per la misura della potenza delle macchine (fig. 94). Le sue parti essenziali sono un elettromagnete a due rocchetti C C sospeso in equilibrio stabile sopra un coltello da bilancia, e di un disco massiccio di rame A A che si fissa all'albero della macchina in prova M e che viene a girare di fronte ai poli dell'elettromagnete.

Le correnti di Foucault dànno luogo ad una coppia che tende a trascinare l'elettromagnete nel senso della rotazione del disco. A questa coppia si fa equilibrio spostando due pesi P P scorrevoli lungo un giogo rigidamente connesso all'elettromagnete. Conoscendo il valore del peso spostato, la lunghezza dello spostamento ed il numero dei giri che l'albero compie al minuto primo, si può calcolare la potenza della macchina.

Un'altra importante applicazione delle correnti di Foucault si ha nello smorzamento, che esse possono compiere, delle oscillazioni degli aghi magnetici negli strumenti di misura.

CAPITOLO X.

Correnti alternate

§ 42 — Generalità sulle correnti alternate

Abbiamo definita (vedi § 3) la corrente alternata, quella corrente la cui direzione s'inverte ad intervalli di tempo brevissimi ed uguali, e la cui intensità varia periodicamente da un massimo di una direzione ad un massimo nella direzione opposta per poi tornare al valore precedente e così via e ne abbiamo dato una abbastanza chiara dimostrazione intuitiva con il fenomeno idraulico rappresentato in figura 7. Il valore massimo che la corrente assume in un senso è eguale al valore massimo della corrente nell'altro senso. Dando inoltre alla corrente le solite denominazioni diremo che essa assume periodicamente, e ad intervalli di tempo regolari, tutti i suoi valori positivi e negativi.

Per poter chiaramente rappresentare una corrente alternata (1), consideriamo il caso nel quale le alternative si succedano tanto lentamente che un amperometro possa indicarcele. Nella tavola che segue sono riportati i va-

TABELLA XXI.

Tempo (secondi)	Corrente (ampère)	Tempo (secondi)	Corrente (ampère)	Tempo (secondi)	Corrente (ampère)
0	0	13	2.50	25	2,59
1	2.59	14	5	26	5
2	5	15	7.07	27	7.07
3	7.07	16	8.66	28	8.66
4	8.66	17	9.66	29	9.66
5	9 66	18	10	30	10
6	10	19	0 66	31	9.66
7	9.66	20	8.66	32	8.66
8	8 66	21	7.07	33	7.07
9	7.07	22	5	34	5
10	5	23	2.9	35	2,59
11	2 59	24	0	36	0
12	0				

(1) Per semplicità ci limitiamo a considerare la corrente ad onda sinussoidale.

lori della corrente ad intervalli di tempo eguali. La corrente considerata ha un valore massimo di 10 ampères.

L'indice dell'amperometro nel nostro caso dovrebbe spostarsi lentamente fino alla massima indicazione di 10 ampères, ritornare gradualmente a zero, invertire il senso del suo moto ed indicare una intensità di 10 A nel senso opposto; poi ripassare per zero, spostarsi nuovamente nel senso primitivo e così di seguito. Naturalmente la corrente assume successivamente tutti i valori compresi fra zero ed il massimo (10 A), ed in ogni istante ha la stessa intensità in ciascun punto del circuito.

Tracciamo adesso (fig. 95) su di un foglio di carta due righe ad angolo retto una con l'altra e queste siano le OA ed B'OB. Sulla linea orizzontale OA riportiamo i diversi tempi nei quali sono stati presi i diversi valori della corrente e sulla linea verticale B'OB riportiamo i valori stessi della corrente, sia i positivi che i negativi. Per ogni coppia di valori tempo-corrente segniamo un punto (1-2-3-4-5-6.... della figura), congiungiamo questi punti con una linea. Si ottiene una linea continua sinuosa.

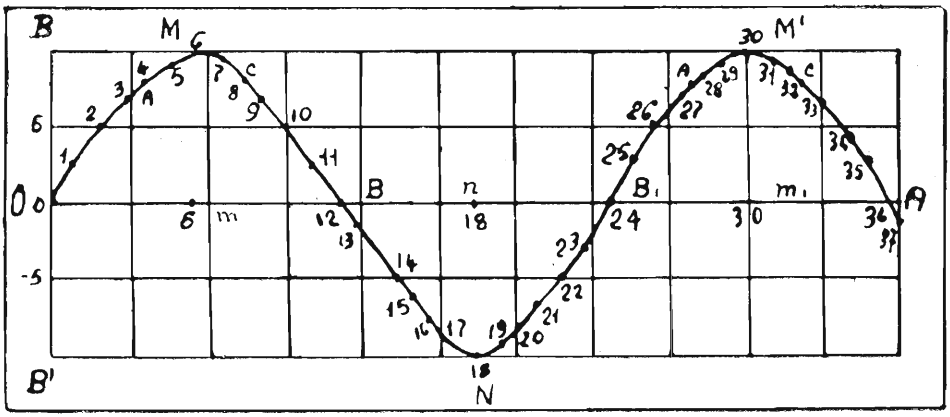


Fig. 95.

In un circuito in cui l'intensità di corrente è alternativa sono grandezze alternative anche la f.e.m. e la differenza di potenziale, che vengono quindi rappresentate con curve analoghe.

Una corrente ed una f.e.m. simili a quelle ora considerate si producono in una spira la quale ruoti in un campo magnetico: e vediamone il perchè.

Sappiamo che una variazione di flusso magnetico attraverso un circuito

sviluppa in esso una f.e.m. indotta e quindi una corrente. Un campo magnetico intenso si può realizzare mantenendo affacciati i due poli di un elettromagnete. Se collochiamo in questo campo (induttore) un circuito chiuso (indotto) e lo manteniamo *immobile*, per variare continuamente il flusso non avremo che da variare la corrente eccitatrice dell'elettromagnete ed effettivamente in questo modo potremo ottenere nel conduttore indotto delle correnti. Ma la variazione del flusso induttore si può ottenere in modo assai migliore provocando un moto relativo fra induttore e indotto, moto che faccia variare la quantità di flusso abbracciato da quest'ultimo. Vedremo come, in detto caso, la f.e.m. e la corrente indotta siano alternative. La disposizione più semplice che possiamo immaginare per raggiungere questo scopo è quella della figura 96. Le linee parallele ed equidistanti NS rappresentano

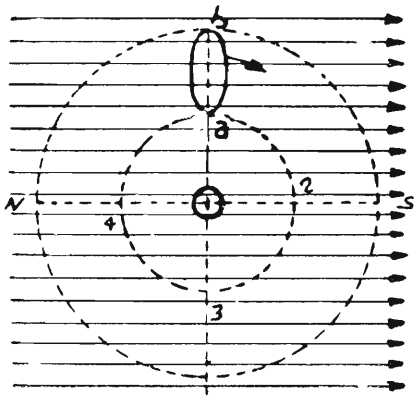


Fig. 96.

un campo magnetico uniforme creato dalle facce di un potente elettromagnete; *a b* è una spira di conduttore, di superficie S, la quale è posta in posizione perpendicolare al piano del foglio e può ruotare nel senso delle lancette dell'orologio.

Supponiamo che la spira parta dalla posizione 1 e che si muova intorno all'asse O con moto di rotazione uniforme. Nella posizione 1 essa si trova perpendicolare alla direzione del campo magnetico ed intercetta perciò il massimo numero di linee di forza; questo numero diminuisce mentre la spira passa dalla posizione 1 alla posizione 2 ed in questa posizione il numero delle linee di forza attraverso la spira è zero. Continuando la rotazione il numero delle linee di forza attraverso la spira aumenta dalla posizione 2 alla

posizione 3, nella quale è di nuovo massimo, diminuisce dalla posizione 3 alla posizione 4, nella quale diventa zero, ed infine aumenta dalla posizione 4 alla posizione 1, nella quale ritorna massimo.

Vediamo ora, durante questa variazione di flusso, il senso della f.e.m. indotta (legge di Lenz): nel passaggio dalla posizione 1 alla posizione 2 la spira si muove nella direzione del campo, il flusso abbracciato diminuisce e si sviluppa una f.e.m. crescente e_1; dalla posizione 2 alla posizione 3 la spira si muove in direzione opposta a quella del campo, il flusso aumenta e si sviluppa una f.e.m. e_2 decrescente, ma nel medesimo senso di quella e_1; dalla posizione 3 alla posizione 4 la spira si muove in direzione contraria a quella del campo, il flusso diminuisce e sviluppa una f.e.m. e_3 crescente, di senso opposto a quella e_1 ed e_2; infine dalla posizione 4 alla posizione 1 la spira si muove nella direzione del campo, il flusso cresce di nuovo e si sviluppa una f.e.m. e_4 decrescente, però sempre nello stesso senso di e_3. Ad ogni cambiamento di senso della f.e.m. avremo un cambiamento di senso della corrente che percorre la spira, vale a dire che, in questa, la corrente durante mezzo giro avrà un senso ed avrà senso opposto durante il mezzo giro successivo.

I pregi delle correnti alternate sono molti, come vedremo in seguito; esse, pur non essendo adatte per l'elettrolisi e per la carica degli accumulatori, presentano tali vantaggi da farle in genere preferire nei grandi impianti alle correnti continue.

Il massimo valore che una grandezza alternata assume dicesi ampiezza della grandezza stessa.

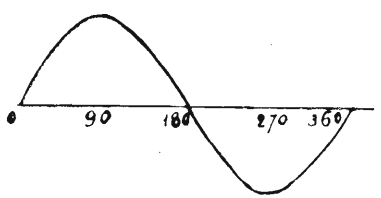


Fig. 97.

Ad ogni posizione angolare della spira rispetto al campo magnetico corrisponde un valore ben definito della corrente e della f.e.m. e perciò noi potremo sulla linea orizzontale O A della figura 95 portare, invece del tempo, gli angoli di cui la spira si sposta nella rotazione rispetto al campo magnetico (fig. 97).

Infatti quando nella spira la corrente, ad esempio, avrà il valore massimo, essa avrà compiuto una rotazione di 90°; quando la corrente ritornerà al suo primitivo valore zero, la spira avrà ruotato di 180° e così via.

Chiamasi periodo l'intervallo di tempo in cui la grandezza assume tutti i valori positivi e negativi. In figura 95 il periodo è rappresentato dal tratto

O B oppure nel tratto mm che è a quello uguale. In un periodo si hanno due inversioni di segno della grandezza alternativa.

Nelle correnti industriali la durata del periodo è una piccola frazione di secondo (da 1/30 ad 1/100); e per questo invece della durata del periodo, si considera il numero dei periodi completi che la grandezza alternativa presenta in un secondo.

Tale numero è chiamato *frequenza*.

Evidentemente la frequenza è il valore inverso del periodo; si ha cioè:

$$f = \frac{1}{T}$$

dove *f* è la frequenza e T è il periodo.

Esempio: A Roma la frequenza della corrente alternata è di 45 periodi: il periodo è quindi 1 : 45 = 0,02 secondi circa.

§ 43 — Fase di una grandezza alternata - Valori istantanei Valori medi - Valori efficaci

Due correnti aventi lo stesso periodo si dicono *in fase* quando passano contemporaneamente per il valore zero e per i valori massimi e minimi. In caso contrario si dicono *spostate di fase*; se lo spostamento è di un quarto di periodo si dicono *in quadratura* (fig. 98) e se invece lo spostamento è di mezzo periodo si chiamano in *opposizione* (fig. 99); in quest'ultimo caso le due correnti si annullano.

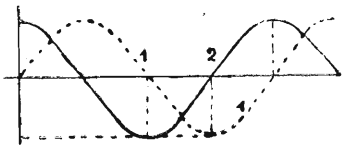


Fig. 98.

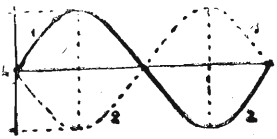


Fig. 99.

Poichè le grandezze elettriche alternate variano da un istante all'altro dovremo sempre riferirci al valore che esse hanno nel momento in cui si considerano; esso prende il nome di *valore istantaneo*.

Data questa continua variazione di valore, non è possibile parlare di

amperaggio e di voltaggio, come si è fatto per la corrente continua, senza ricorrere ad una convenzione. Si potrebbe prendere come valore della corrente e della f.e.m. alternativa il valore della *corrente e della f.e.m. media* che sarebbe rappresentato dalla media dei valori istantanei durante mezzo periodo e che si dimostra essere eguale alla intensità massima ed alla f.e.m. massima, ciascuna moltiplicata per il numero costante 0,637; e precisamente:

$$I_{media} = I_{mass.} \times 0{,}637 \qquad V_{media} = V_{mass.} \times 0{,}637$$

Potremo in tal modo riuscire a misurare le grandezze alternative facendo astrazione dalle loro periodiche variazioni. Ma purtroppo non esistono apparecchi adatti per fornire una simile misura.

Possiamo allora sfruttare, per questa misura, il noto fenomeno del riscaldamento provocato in un conduttore dal passaggio della corrente elettrica.

E' evidente che il conduttore si riscalderà sia che venga attraversato da corrente continua come se verrà attraversato da corrente alternata. Cominciamo allora dalla misura della intensità di corrente. Supponiamo che una corrente alternata, percorrendo un circuito, svolga in un dato tempo, ad esempio in 30 secondi, un dato numero di calorie. Abbiamo visto (§ 11) che il numero di calorie prodotto nell'unità di tempo da una corrente che percorre un circuito è espresso dalla formula:

$$C = R\, I^2\, 0{,}00024$$

dalla quale chiaramente risulta che la quantità di calore svolto è indipendente dalla direzione della corrente nel conduttore.

Sostituiamo alla corrente alternata una corrente continua regolandone l'amperaggio in modo che nello stesso tempo, cioè in 30 secondi, svolga il medesimo numero di calorie. Supponiamo che questa corrente che noi possiamo misurare, abbia l'intensità di 10 A; ossia che 10 A di corrente continua producano lo stesso effetto termico della corrente alternata che consideriamo. Questa intensità di corrente di 10 A non è eguale all'amperaggio massimo della corrente alternata, perchè altrimenti produrrebbe un numero maggiore di calorie. Non corrisponde neppure all'amperaggio medio sopra definito, ma è maggiore; è dunque compresa tra il valore massimo ed il valore medio e precisamente si dimostra che è eguale al valore massimo diviso per la radice di 2.

Dunque avremo che per gli effetti termici a una corrente continua di un certo amperaggio corrisponde una corrente alternata di un altro ampe-

raggio. Il primo può servire di misura al secondo e così infatti avviene nella pratica. Si chiama *intensità efficace* di una corrente alternata la intensità di una corrente continua la quale sviluppi nel medesimo tempo ed in un circuito di eguale resistenza, la stessa quantità di calore della corrente alternata. Definito così l'amperaggio efficace, ne viene come conseguenza la analoga definizione della *tensione o voltaggio efficace*. Abbiamo quindi le seguenti formule delle quali tralasciamo la dimostrazione:

$$I_{eff.} = \frac{I_{mass.}}{\sqrt{9}} \qquad V_{eff.} = \frac{V_{mass.}}{\sqrt{2}}$$

E' necessario ricordare sempre che gli strumenti di misura delle grandezze alternate indicano i valori efficaci delle grandezze stesse.

§ 44 — **Azione della capacità e della induttanza sulla corrente alternata - Impendenza**

Le correnti alternate dànno luogo ad una continua variazione del flusso proprio della corrente e quindi, com'è già stato detto nel capitolo precedente a fenomeni di autoinduzione. Se questi fenomeni non si verificassero, la intensità di una corrente alternata sarebbe eguale, in ogni istante, alla f.e.m. divisa per la resistenza del circuito (legge di Ohm) e così pure la potenza della corrente sarebbe in ogni istante misurata dal prodotto della intensità della corrente per la f.e.m.

Facendo percorrere un conduttore da una corrente alternata, si produce all'intorno un flusso magnetico il quale varia in modo analogo alla corrente che lo genera. Le variazioni di tale flusso dànno origine ad una f.e.m. alternata di autoinduzione nel circuito stesso.

Questa f.e.m. reagisce sul circuito in senso tale da opporsi al passaggio della corrente stessa. Ne consegue da ciò che l'autoinduzione produce un ritardo di fase della intensità della corrente rispetto alla f.e.m.

Graficamente il fenomeno si rappresenta con due curve le quali ci indicano il modo di variare delle due grandezze elettriche rispetto al tempo, curve sfasate fra di loro di un quarto di periodo (in quadratura). *La curva che rappresenta la f.e.m. è in anticipo di fase rispetto a quella che rappresenta la corrente* (fig. 100).

E' noto che un circuito può essere più o meno induttivo, può cioè presentare molta e scarsa autoinduzione. Un conduttore rettilineo, per esempio,

dà luogo ad una autoinduzione praticamente trascurabile; se invece lo si avvolge a spirale l'autoinduzione che esso presenterà sarà notevole; si potrà poi ancora aumentarla eseguendo l'avvolgimento intorno ad un nucleo di ferro, poichè sappiamo bene che esso concentra un grande numero di linee di forza del campo magnetico.

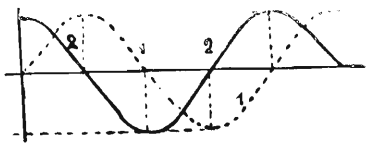


Fig. 100.

In un circuito non induttivo le due curve rappresentanti f.e.m. ed intensità della corrente coincidono, cioè sono in fase; al circuito si può in tal caso applicare la legge di Ohm. Quindi se R è la resistenza ohmica del circuito ed E la f.e.m., l'intensità della corrente sarà espressa nella formula:

$$I = \frac{E}{R}$$

Se invece il circuito è induttivo, e quindi si ha spostamento di fase tra la f.e.m. e l'intensità della corrente la legge di Ohm non è più valida. Per renderla tale occorre sostituire alla resistenza ohmica R un'altra quantità Z maggiore di questa, che è chiamata *impedenza* o *resistenza apparente*. Dunque nel caso di un circuito induttivo la legge di Ohm applicata alla corrente alternata si esprime con la formula:

$$I = \frac{E}{Z}$$

Senza entrare in calcoli matematici, diremo che il quadrato dell'impedenza Z è dato dal quadrato della resistenza sommato al quadrato di un'altra resistenza speciale chiamata *reattanza*. In altre parole, l'autoinduzione crea dunque nel circuito una resistenza induttiva o reattanza la quale componendosi con la resistenza ohmica dà luogo all'impedenza.

Indicando con r la reattanza, da quanto si è ora detto, avremo:

$$Z^2 = R^2 + r^2 \qquad \text{ossia } Z = \sqrt{R^2 + r^2}$$

La geometria elementare ci insegna che l'ipotenuta di un triangolo rettangolo è uguale alla radice quadrata della somma dei cateti ed allora si possono rappresentare graficamente le tre quantità anzidette con un triangolo rettangolo (fig. 101) di cui l'ipotenusa corrisponde all'impedenza Z ed i cateti alla resistenza R ed alla reattanza r.

Applicazione. — Si abbia una bobina di autoinduzione la cui resistenza ohmica sia di 3 Ohm e la reattanza di 4 Ohm; si vuol sapere l'intensità della corrente che attraversa la bobina se alle sue estremità esiste una d. d. p. di 100 volts.

Dalla relazione

$$Z = \sqrt{R^2 + r^2} \quad \text{si ha, sostituendo:}$$

$$Z = \sqrt{3^2 + 4^2} \sqrt{25} = 5 \text{ Ohm.}$$

Quindi applicando la legge di Ohm per le correnti alternate:

$$I = \frac{E}{Z} \qquad \text{da cui} \qquad I = \frac{100}{5} = 20 \text{ ampères}$$

Ricordiamo che un *condensatore* è formato da un sistema di due conduttori separati da un dielettrico; uno dei due conduttori può essere alla terra. Oltre ai condensatori propriamente detti, si comportano notevolmente come condensatori i cavi sotterranei e sottomarini (fig. 102), le lunghe linee di trasmissione dell'energia elettrica, ecc. Ricorderemo anche che la intensità della corrente di carica è proporzionale alla f.e.m. ed alla *capacità*.

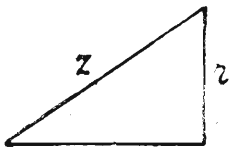


Fig. 101.

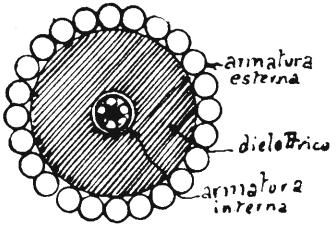


Fig. 102.

Diremo subito che un condensatore inserito in un circuito, mentre ostacola ed impedisce il passaggio della corrente continua, lascia passare la corrente alternata; e di questa proprietà si fa larghissima applicazione nella telefonia per separare in un circuito le due specie di correnti. Un paragone idraulico chiarificherà quanto sopra.

Si abbiano (fig. 103) due recipienti A e B comunicanti fra loro mediante un tubo di gomma nella cui metà sia inserita una membrana elastica C. In *a* e *b* sieno disposti due rubinetti. Quando i recipienti sono ad uguale livello, la membrana risulta piana perchè ha la medesima pressione sopra ambedue le facce. Si chiudano ora i due rubinetti *a* e *b* e, dopo aver sopraelevato un

recipiente rispetto all'altro, si riaprano. Avverrà allora che la membrana si infletterà come in figura, mentre nascerà nel tubo una corrente liquida dal recipiente a livello più alto verso quello a livello più basso, e la sua velocità diminuirà man mano che la membrana si inflette. Tale corrente cessa appena la reazione della membrana eguaglia la differenza di pressione che viene esercitata sulle sue due superfici. Se si imprime ai due recipienti un movimento verticale alternativo, la membrana verrà ad essere sottoposta ad una pressione che agisce alternativamente ora contro una faccia ed ora contro l'altra e la cui intensità varia periodicamente in grandezza e senso. Anche il moto del liquido sarà evidentemente alternativo. Facendo astrazione dalla inerzia del liquido, esso seguirà immediatamente le variazioni di pressione. Man mano che cresce la differenza di livello dei due recipienti aumenta la deformazione della membrana ed il liquido si sposta in un certo senso; il movimento si annulla allorchè il dislivello raggiunge il massimo valore. Quando questo torna a diminuire il liquido è spinto in senso contrario dalla tensione della membrana, la quale riacquista la forma piana appena i recipienti raggiungono lo stesso livello; allora la velocità del liquido risulta massima. Continuando il movimento il fenomeno si ripete, ma in senso inverso. Dunque, riassumendo, quando il recipiente A discende dalla massima altezza fino al punto più basso, la corrente è diretta da B verso A; essa è diretta in senso opposto quando A risale verso la posizione più alta. La velocità massima della corrente si verifica quando i due recipienti sono allo stesso livello e l'inversione di senso si ha negli istanti di massimo dislivello.

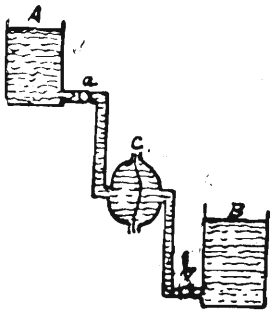


Fig. 103.

Il fenomeno si può rappresentare graficamente nel modo già descritto precedentemente (fig. 104).

Quando la pressione è massima e sta per diminuire, la corrente è zero e sta per invertirsi; quando invece la pressione è nulla la corrente è massima. Se quindi la curva *a* rappresenta la variazione della pressione, la curva *b* che la precede di un quarto di periodo, rappresenta le variazioni della velocità del liquido.

Ciò premesso consideriamo il caso, frequentissimo nella pratica elettrotecnica, di un condensatore inserito tra due conduttori aventi una differenza di potenziale alternativa. Il condensatore (fig. 105) agisce in modo analogo alla membrana. Dunque se, come al solito, la corrente idraulica ci rappresenta la corrente elettrica ed il dislivello la f.e.m. si vede come la corrente

di carica di un condensatore è in anticipo di un quarto di periodo rispetto alla differenza di potenziale alternativa applicata alle sue armature; cioè *un condensatore inserito in serie in un circuito a corrente alternata determina un anticipo di fase della corrente rispetto alla f.e.m.*

Il condensatore dà luogo quindi all'effetto opposto dell'autoinduzione.

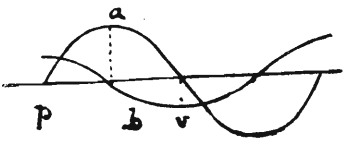


Fig. 104.

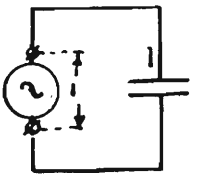


Fig. 105.

Come nel caso dell'autoinduzione abbiamo considerato la resistenza induttiva o reattanza, nel caso del condensatore occorre considerare la resistenza di capacità e *capacitanza.*

L'impedenza, la resistenza ohmica e la capacitanza sono legate da una relazione analoga a quella esistente fra l'impedenza, la resistenza ohmica e la reattanza: cioè, indicando con *c* la capacitanza, avremo:

$$Z^2 = \sqrt{R^2 + c^2}$$

Anche questa formula si può esprimere graficamente con un triangolo rettangolo di cui *c* sarà uno dei cateti R l'altro cateto e Z l'ipotenusa.

§ 45 — Potenza della corrente alternata - Fattore di potenza

Abbiamo veduto, parlando degli effetti dell'autoinduzione in un circuito, che nel caso di autoinduzione trascurabile la curva rappresentante la f.e.m. coincide con quella della intensità della corrente. La potenza espressa in watts sarà data allora dalla ben nota formula:

$$W = E\ I$$

Se invece il circuito presenta autoinduzione e quindi l'intensità è sfasata in ritardo rispetto alla f.e.m. occorre tener conto di tale sfasamento. Invero la potenza della corrente diminuisce tanto più quanto maggiore è lo sfasamento. Essa corrisponde cioè al valore primitivo E I moltiplicato per un numero, chiamato *fattore di potenza,* il quale varia entro i limiti da zero, come

minimo, ad uno, come massimo. La spiegazione di questo fattore di potenza esorbita dalla trattazione elementare del presente manuale; a noi basti solo di sapere che esso dipende esclusivamente dallo sfasamento che le caratteristiche di un circuito producono fra la f.e.m. e la corrente. Maggiore è lo sfasamento, minore è il fattore di potenza. Il fattore di potenza si usa rappresentare con la denominazione di « cos φ ».

La potenza di una corrente alternata che percorre un circuito induttivo risulta perciò espressa dalla formula:

$$W = E\ I \cos \varphi$$

dove cos φ, è una funzione trigonometrica che, come abbiamo detto, può assumere un valore compreso fra zero e l'unità. Si noti inoltre che E ed I sono in ogni caso valori efficaci.

Per chiarire le idee facciamo un semplice esempio: Supponiamo di avere un circuito nel quale il fattore di potenza sia eguale a 0,8 e che uno strumento di misura ci indichi il passaggio di 100 ampères. La tensione sia inoltre di 100 volts.

La potenza della corrente alternata espressa in watts sarà:

$$P = 100 \times 100 \times 0{,}8 = 8000\ w$$

Una uguale corrente che percorresse un circuito nel quale il fattore di potenza fosse uguale ad uno avrebbe invece una potenza:

$$P = 100 \times 100 = 10000\ w$$

L'autoinduzione dà dunque luogo ad una diminuzione della potenza tanto maggiore quanto più grande è il suo valore. Negli impianti industriali è assolutamente necessario correggere l'effetto nocivo dell'abbassamento del fattore di potenza ed a questo si giunge con diversi mezzi, dei quali uno consiste nell'applicazione di condensatori sul circuito. Infatti allorchè si inserisce in un circuito a corrente alternata induttivo un condensatore, i due effetti producono spostamenti di fase in senso opposto; lo spostamento effettivo della corrente rispetto alla f.e.m. sarà allora dato dalla risultante dei due sfasamenti. La corrente sarà dunque in ritardo od in anticipo a seconda che prevale l'effetto dell'autoinduzione ovvero quello della capacità. Se i due effetti sono eguali, lo sfasamento è nullo ed il circuito si comporta come se fosse costituito da semplice resistenza ohmica. In tal caso si dice che il circuito è in *risonanza*. Altro mezzo per migliorare il fattore di potenza è quello di

inserire speciali motori elettrici (sincroni) i quali hanno appunto la proprietà di poter variare il suddetto fattore. Ma di ciò parleremo a suo tempo.

Poichè il fattore di potenza dipende dalla natura del circuito percorso dalla corrente, dovremo distinguere in ogni alternatore una potenza apparente, indicata in volt-ampère e di una *potenza effettiva* espressa in watts. La potenza apparente è eguale a quella effettiva solo quando il fattore di potenza è eguale all'unità.

I circuiti dell'illuminazione con lampade ad incandescenza sono quasi privi di autoinduzione, quindi il fattore di potenza corrisponde approssimativamente all'unità. I circuiti invece nei quali sono inseriti motori e lampade ad arco, riducono il fattore di potenza da un valore di 0,9 a quello di 0,5. In pratica ogni circuito presenta resistenza ohmica, autoinduzione e capacità.

Abbiamo precedentemente visto come l'effetto della autoinduzione, è contrario all'effetto della capacità, cioè che la prima causa uno sfasamento della corrente in ritardo sulla f.e.m., mentre la capacità causa invece uno sfasamento della corrente in anticipo sulla f.e.m.

Nella pratica industriale si ha in ogni circuito un eccesso della autoinduzione sulla capacità, ed è questa la ragione per cui si ha sempre uno sfasamento della corrente in ritardo sulla f.e.m.

§ 46 — Perdita di carico e variazione della resistenza dei conduttori per effetto della corrente alternata

Abbiamo visto nel paragrafo precedente che l'autoinduzione dà luogo ad una perdita di carico tanto più sensibile quanto maggiore è il valore dell'autoinduzione stessa. Il modo più semplice per tener conto dell'effetto della f.e.m. di autoinduzione consiste, nei casi più comuni della pratica, nel moltiplicare per un fattore K_i (maggiore dell'unità) e chiamato *fattore di impedenza*, la perdita di carico che si avrebbe se la corrente fosse continua. In tal caso essendo:

$$E = I_{eff}\ R$$

la perdita di carico che si avrebbe in un conduttore di resistenza ohmica R, percorso da corrente continua di intensità I_{eff} ; per la corrente alternata la perdita di carico sarà:

$$E_i = K_i\ E = K_i\ I_{eff.}\ R$$

I valori di K_i sono dati da apposite tabelle per diversi diametri del conduttore e per diverse frequenze.

La scelta e la disposizione dei conduttori richiede il massimo studio quando si tratta di correnti a bassa tensione e grande intensità. Infatti, dipendendo l'autoinduzione dal flusso e quindi dall'intensità della corrente, i suoi effetti sono rilevanti ed il conseguente ritardo di fase della corrente sulla f. e. m. può causare perdite inattese e disastrose.

Il fisico Kelvin ha dimostrato che la corrente alternata a frequenza notevole non si distribuisce uniformemente in tutta la sezione del conduttore: essa si mantiene alla periferia, formandovi come uno strato di corrente di spessore tanto minore quanto più grande è la frequenza. Si può, con una certa analogia, pensare a quel che accadrebbe se alternativamente si portasse o si sottraesse calore alla superficie di una sbarra metallica; le modificazioni termiche non penetrerebbero all'interno della sbarra. A causa di questa non uniforme penetrazione della corrente nel conduttore, la parte interna di questo rimane inutilizzata e quindi la resistenza R_a che il conduttore oppone alla corrente alternata è maggiore della Resistenza R_c che lo stesso conduttore opporrebbe ad una corrente continua; questo aumento di resistenza determina un aumento della qualità di calore che si sviluppa nel conduttore per effetto Joule e che rappresenta energia perduta.

Conoscendo il valore R_c della resistenza ohmica offerta da un conduttore al passaggio della corrente continua si può ottenere il valore R_a della resistenza corrispondente al passaggio di una eguale corrente alternata, moltiplicando R_c per un fattore K riportato nella pratica da apposite tabelle in funzione del diametro del conduttore e della frequenza (vedi appendice tabella 23). Quindi avremo:

$$R_a = K R_c$$

E' bene però aggiungere che per le correnti alternate industriali aventi frequenze inferiori a 100 periodi, e per conduttori di rame di diametro non maggiore di un centimetro, l'aumento di resistenza supera difficilmente l'1 % e si può ritenere trascurabile. Il fenomeno sopra descritto prende il nome di *skin-effect* (effetto della pelle).

Diremo ancora che gli elettromagneti hanno un fattore di potenza variabile con l'aumentare del nucleo di ferro nell'interno dei rocchetti. Se perciò si inseriscono nel circuito di una corrente alternata, essi possono regolarla esattamente come fatto i reostati per la corrente continua.

§ 47 — Correnti alternate derivate

Un circuito percorso da corrente alternata può, fra due punti, diramarsi in vari circuiti; la corrente si dividerà allora in essi. Ogni derivazione sarà soggetta alla medesima d. d. p., cioè alla d. d. p. esistente fra i due punti di diramazione. Le correnti di ciascun ramo ed il loro spostamento di fase rispetto alla d. d. p. dipenderanno dalla natura dei singoli rami. Se le correnti derivate risultassero rappresentate da curve simili in concordanza di fase, l'intensità efficace totale sarebbe eguale alla somma aritmetica dei valori efficaci delle correnti derivate; se invece le correnti risultassero rappresentate da curve spostate di fase, l'intensità efficace sarebbe minore di detta somma. Il calcolo delle correnti in questi casi, subordinato al calcolo della capacità e delle autoinduzioni della rete di distribuzione, è assai complesso e non tentiamo neppure di accennarvi, anche perchè quanto abbiamo esposto è sufficiente al calcolo di applicazioni modeste.

§ 48 — Correnti alternate polifasi
Aggruppamenti a stella ed a triangolo

L'energia elettrica fornita da una corrente alternata fu impiegata in principio solo a scopo di illuminazione; in seguito poi si potè risolvere l'importante problema della trasmissione dell'energia a grandi distanze mercè l'impiego di correnti alternate spostate fra loro di fase.

Per ben comprendere come queste correnti alternate si possono combinare fra loro e dar luogo ad una corrente unica risultante, partiamo da una corrente monofasica alimentante un determinato circuito R (fig. 106). La corrente del filo A di linea è sempre eguale e contraria a quella del filo B e le due correnti sono sempre in opposizione di fase, cioè si possono considerare come due correnti alternate spostate fra di loro di $\frac{1}{2}$ periodo (fig. 99).

Consideriamo adesso (fig. 107) due generatori di corrente alternata G′ e G″ disposti in modo che le due f.e.m. sieno *in fase e della medesima ampiezza* (v. § 42).

Se i due ricevitori R′ ed R″ sono identici anche le due correnti di linea sono eguali ed in fase. Però se noi portiamo la nostra attenzione sulle due correnti che circolano nei fili centrali, vediamo che esse sono costantemente

in opposizione di fase. Ad economizzare il filo di linea, sorge spontanea l'idea di riunire insieme i due fili centrali come se si trattasse di un sistema a tre fili (fig. 108). Ma il terzo filo, quello centrale, riesce ora superfluo perchè in esso la somma delle correnti è costantemente eguale a zero, e sopprimendolo si arriva al caso di trasmissione a corrente unica, dal quale ave-

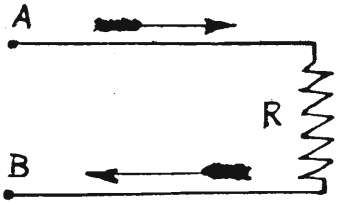


Fig. 106.

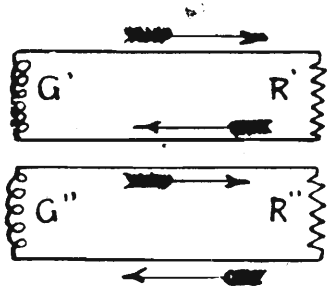


Fig. 107

vamo iniziato le nostre mosse. Se invece le correnti sono spostate di ¼ di periodo, la riunione dei fili centrali può ancora effettuarsi, ma la corrente nel terzo filo ha un valore efficace ben definito ed *eguale alla corrente risultante delle due fasi* (1), spostate di ¼ di periodo. Le tre correnti (componenti e risultante) si possono rappresentare come tre forze delle quali due (fig. 109) *a* e *b* e disposte in modo da formare fra loro un angolo di 90°

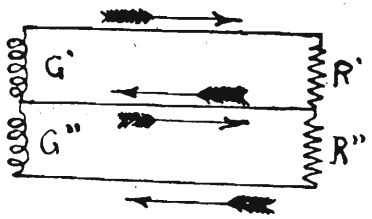


Fig. 108.

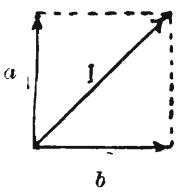


Fig. 109.

(correnti componenti) e la terza I risultante delle altre due. Questa risultante si trova facilmente, avendo dalla meccanica conosciuto il modo di comporre le forze. Evidentemente, per il teorema di Pitagora si ha:

$I^2 = a^2 + b^2$ cioè $I = \sqrt{a^2 + b^2}$ e se *a* e *b* hanno il valore massimo unitario avremo:

$$I = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2} = 1{,}41$$

(1) Nei sistemi polifasi in genere si sostituisce al vocabolo *corrente* il vocabolo *fase*.

il che ci dice come il valore massimo della corrente nel filo centrale è 1,41 volte più grande del massimo di ognuna delle altre due correnti; quindi la distribuzione della corrente nel sistema bifase sarà come nella figura 110, dove S_1 ed S_2 sono i due generatori, le correnti nei fili estremi sono le cor-

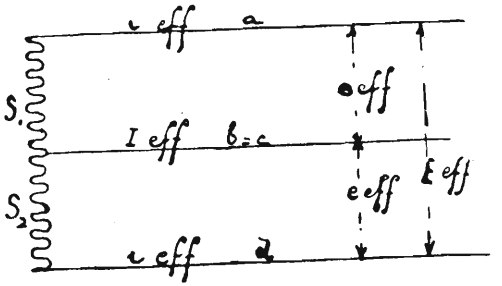


Fig. 110.

renti componenti e la corrente $I_{eff.}$ nel filo centrale è la corrente risultante ed eguale ad 1,41 $I_{eff.}$

Analogamente il voltaggio fra i due conduttori di fase diversa e precisamente fra i due conduttori estremi, è eguale (fig. 110) al voltaggio $e_{eff.}$ sviluppato da una fase moltiplicato per $\sqrt{2}$. Riassumendo avremo:

$$I_{eff.} = 1{,}41\ i_{eff.} \qquad \text{ed} \qquad E_{eff.} = 1{,}41\ e_{eff.}$$

In pratica una corrente alternata bifase si può realizzare con una stessa macchina elettrica nel modo seguente: riprendiamo in esame la nostra spira, della quale ci siamo serviti al principio del presente capitolo. Uniamo a quella spira un'altra spira spostata rispetto alla prima di un quarto di periodo, ossia di 90°. Ciascuna spira fornirà corrente alternata e ciascuna di queste correnti sarà spostata rispetto all'altra di un quarto di periodo.

Le considerazioni sopra esposte si possono applicare ad un sistema di tre correnti alternate semplici. Potremo svilupparle disponendo oltre alla spira primitiva altre due spire. Ogni spira sarà spostata, rispetto alle altre, di 120°. In tal modo ciascuna delle tre correnti che verranno generate sarà in ritardo di 1/3 di periodo rispetto alla corrente precedente. Un tal sistema prende il nome di sistema *trifase*. La corrente trifase dovrebbe essere trasmessa con sei conduttori come si vede nella figura 111, nella quale S_1 S_2 ed S_3 sono le tre spirali generatrici applicate in pratica nella macchina. Si usano invece tre soli conduttori, collegando le spirali in due modi diversi e cioè *a stella* (fig. 112) ed *a triangolo* (fig. 113).

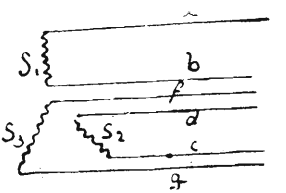


Fig. 111.

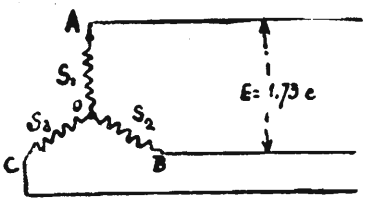


Fig. 112.

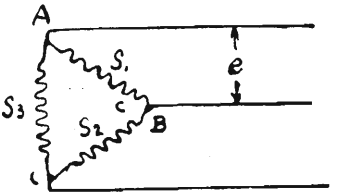


Fig. 113.

Il primo collegamento consiste nel riunire fra loro gli estremi delle tre spirali formando il punto neutro O. I tre conduttori partono dalle estremità libere delle spirali. Per trovare il valore delle tensioni e delle intensità della corrente si ricorre al solito metodo grafico, dal quale (fig. 114) rappresentando in un certo istante, i tre potenziali con delle forze, potremo vedere che *la somma dei valori istantanei delle tre tensioni è nulla.* Infatti costruendo il parallelogrammo appare chiaro come la risultante fatta tra due qualunque di queste forze è eguale e contraria alla terza. Prendiamo adesso un istante qualunque del funzionamento della macchina generatrice, e, per esempio, quello nel quale la f.e.m. nel conduttore S_3 passa per lo zero, ossia è nulla. Per quanto abbiamo detto le f.e.m. nei due altri conduttori S_1 ed S_2 dovranno essere eguali e di senso opposto. Rappresentiamole con le due forze O A ed O B spostate fra di loro di 1/3 di periodo (120°). La meccanica ci insegna che per fare il parallelogramma di due forze eguali e contrarie è necessario invertire sulla carta la direzione di una di esse (fig. 115).

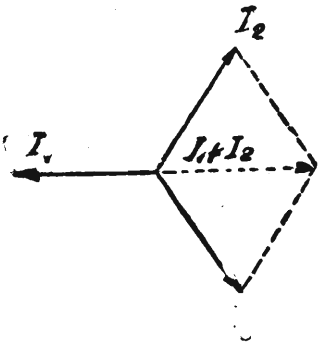


Fig. 114.

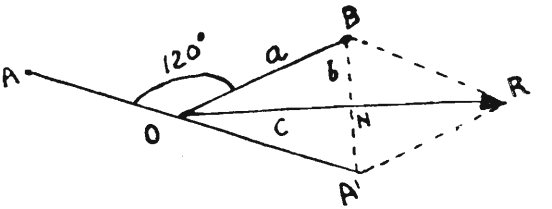


Fig. 115.

Il triangolo O A^1 B è equilatero e perciò avremo: B N = b = $\frac{a}{2}$ ed allora, considerando il triangolo O N B, il teorema di Pitagora ci dice:

$$c = \sqrt{a^2 - b^2} = \sqrt{a^2 - \frac{a_2}{4}} = \sqrt{\frac{4\,a^2 - a^2}{4}} = \sqrt{\frac{3\,a^2}{4}} = \frac{a}{2}\sqrt{3}$$

Ma poichè O R = 2 c, sostituendo a *c* il suo valore, sarà:

$$OR = \sqrt{3}\,a = 1{,}73\,a$$

e cioè, nel collegamento a stella, il potenziale E fra i due punti A e B è eguale al potenziale e fra il punto neutro ed una delle estremità libere moltiplicato per il numero 1,73, ossia:

$$E = 1{,}73\ e$$

L'intensità della corrente invece, in ciascun conduttore è la stessa di quella sviluppata da una spira.

Il secondo collegamento, e precisamente quello a triangolo, consiste nel riunire le tre spirali in modo da costituire un circuito chiuso (figura 113) e nel diramare tre conduttori dai punti di riunione. Si dimostra analogamente che con questo collegamento la d.d.p. fra due conduttori qualsiasi è eguale a quella di una spira, cioè *e*, mentre invece l'intensità I è data dal numero 1,73 moltiplicato per *i*, essendo *i* l'intensità di una fase.

Dunque riassumendo: nel raggruppamento a stella l'intensità della corrente che percorre un conduttore è la medesima di quella di ciascuna spira, mentre la tensione esistente alla estremità di ogni spira è minore di quella esistente fra i conduttori; invece nel collegamento a triangolo l'intensità della corrente nei conduttori è maggiore di quella di ciascuna spira e la tensione fra i conduttori è eguale a quella di ciascuna spira.

Abbiamo veduto che la potenza di una corrente alternata monofase è espressa dalla relazione (v. § 44):

$$W = E\,I\cos\varphi$$

La potenza della corrente bifase è data dalla somma delle potenze di ciascuna fase. Da quanto si è fino ad ora detto essa risulta espressa da:

$$W = E\,I\cos\varphi\ 1{,}41$$

La potenza della corrente trifase è espressa da:

$$W = E\,I\cos\varphi\ 1{,}73$$

Applicazione: 1) Si abbia un alternatore bifase avente la d.d.p. di 2500 V e l'intensità di 200 A e sia $\cos\varphi = 0{,}8$.

La potenzialità dell'alternatore sarà:

$$W = 2500 \times 200 \times 0{,}8 \times 1{,}41 = 565000\ w = 565\ KW$$

2) Si consideri un alternatore trifase di cui i valori della tensione, intensità e cos siano eguali a quelli dell'alternatore precedente. La potenza sarà espressa da:

$$W = 2500 \times 200 \times 0{,}8 \times 1{,}73 = 692000\ w = 692\ KW$$

§ 49 — Campo magnetico rotante

Abbiamo detto nel capitolo VIII che se si fa passare una corrente in un conduttore piegato in modo da costituire una spira circolare o rettangolare, si produce un campo normale al piano della spira. La direzione di questo campo magnetico si può determinare mediante la regola di Maxwell. Nel caso particolare della figura 116 se la corrente ha la direzione della freccia *f*, il campo magnetico avrà la direzione della freccia F. Invertendosi la corrente si inverte conseguentemente pure la direzione del campo magnetico. Se nella spira si fa circolare corrente alternata, il campo magnetico generato cambierà periodicamente di direzione, cioè oscillerà fra un massimo in una direzione e lo stesso massimo nella direzione opposta.

Si abbiano ora due spire disposte normalmente fra loro (fig. 117) e si facciano circolare in esse due correnti alternate indipendentemente, ma eguali

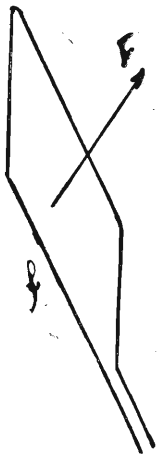


Fig. 116.

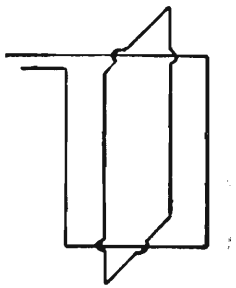


Fig. 117.

e spostate di fase fra loro di 90° cioè di un quarto di periodo. Ogni spira genererà un campo magnetico alternato e normale al piano della spira stessa. I due campi risultano eguali ma spostati di 90° e se noi li componiamo con il solito metodo del parallelogramma, la loro risultante sarà sempre eguale al valore massimo di uno dei due campi componenti. Però questa componente varia di posizione ad ogni istante e compie un giro completo ad ogni periodo.

Vediamo di spiegare il fenomeno con maggior chiarezza. Sia *a b* la proiezione (fig. 118) di una spira e *c d* quella dell'altra; ambedue risultano evidentemente normali fra loro. Il campo generato dalla *a b* avrà direzione normale, cioè secondo *d c*, e quello rappresentato dalla *c d* avrà direzione *a b*.

Rappresentiamo con le due curve *a b* e *c d* (fig. 119) le due correnti alternate sfasate fra loro di 90°.

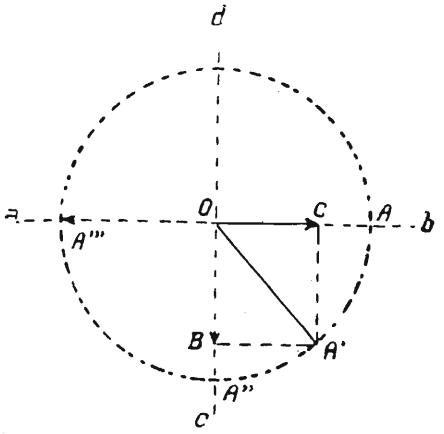


Fig. 118.

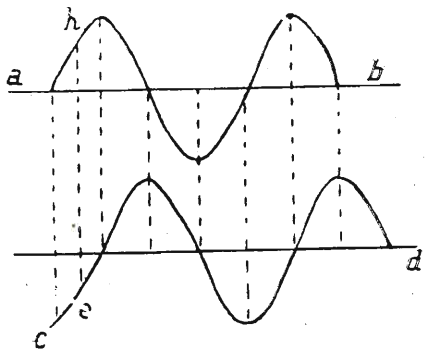


Fig. 119.

All'inizio del periodo la corrente che passa nella *a b* avrà valore zero e quindi sarà zero il campo magnetico generato: nello stesso istante la corrente che passa per *c d*, essendo in ritardo di un quarto di periodo, sarà massima in un senso, e sarà perciò massimo il campo prodotto da questa; siccome l'altro campo abbiamo visto che è zero, O A rappresenterà la risultante fra i due (fig. 118). Dopo un istante la corrente che passa per *a b* avrà acquistato, in un senso, un piccolo valore e si avrà quindi un piccolo campo magnetico generato dalla spira *a b* per esempio *O B*, ma nello stesso istante la corrente che passa per *c d* sarà alquanto diminuita, per cui il campo da essa prodotto invece del valore O A avrà quello O C.

Se si compongono i due campi O B ed O C si avrà il campo risultante O A la cui intensità sarà eguale ad O A, ma la cui direzione sarà diversa. Si arriva così gradatamente alla fine del primo quarto di periodo nel quale la corrente passante per *a b* è massima, mentre è zero quella che passa per *c d*: il campo sarà rappresentato con la O A''. Nell'altro quarto di periodo esso continua a ruotare nel medesimo senso fino a che al termine del mezzo periodo viene a trovarsi in O A''' e così di seguito.

Dunque, due correnti alternate sfasate di 90° nel percorrere le due spire normali l'una dall'altra, dànno luogo a due campi alternati che si compongono dando luogo ad un *campo magnetico rotante* di intensità costante.

E' chiaro che il numero dei giri del campo è uguale alla frequenza della corrente, cioè il campo compie in un secondo tanti giri quanti sono i periodi della corrente durante lo stesso tempo.

Procedendo nel ragionamento in modo analogo, si vede come, avendo tre spire inclinate fra loro di 120° e percorse da tre correnti sfasate di 120°, cioè da una corrente trifase, esse originano ancora un campo magnetico rotante di intensità costante e che compie un giro ad ogni periodo.

In pratica invece di due semplici spire si possono formare quattro bobine avvolte su nuclei di ferro disposti a 90° fra loro ed applicati entro un anello di ferro; le due bobine opposte saranno collegate fra loro in serie (fig. 120). In due bobine opposte dovrà circolare la corrente di una fase nello stesso senso, in modo che i campi magnetici vengano a comporsi.

Nel caso di sistema trifase, i nuclei provvisti di avvolgimenti saranno 6, i collegamenti saranno eseguiti fra due bobine opposte ed inoltre i circuiti si disporranno a stella (fig. 121) od a triangolo.

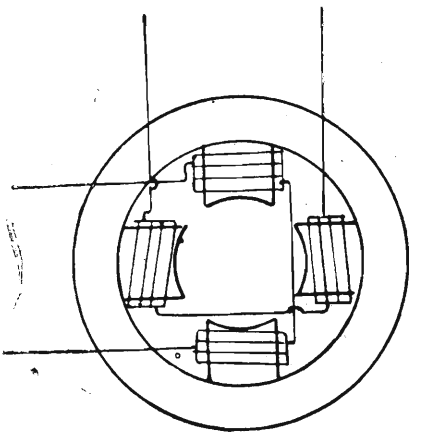


Fig. 120.

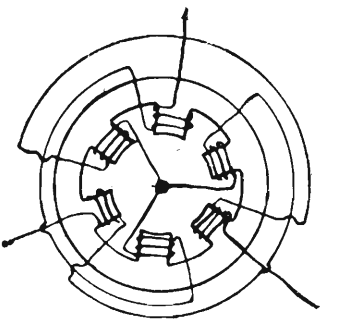


Fig. 121.

CAPITOLO XI.

Misure e strumenti di misura

§ 50 — Considerazioni generali sulle misure della pratica Sistemi di misura.

Misurare una grandezza significa trovare il rapporto fra essa ed un'altra della stessa specie scelta come termine di confronto e detta *unità di misura*.

Le cognizioni che abbiamo svolto sino a qui rimarrebbero incomplete se non imparassimo ad esprimere in numeri, cioè a *misurare*, la grandezza dei diversi elementi che partecipano ai fenomeni elettrici. L'argomento delle misure elettriche è vastissimo ma noi dovremo però limitarci a rendere noti e chiari i principî sui quali si fondano gli strumenti ed i metodi di misura più comuni.

Le principali unità si possono classificare:

1.° - *Unità geometriche* per misure di lunghezze, superfici, volumi, angoli, ecc.

2.° - *Unità di tempo* per misure di tempo.

3.° - *Unità meccaniche* per la misura della velocità, accelerazione, forza, lavoro, potenza, pressione, ecc.

4.° - *Unità magnetiche* per la misura della intensità del campo magnetico, induzione, permeabilità, ecc.

5.° - *Unità elettriche* per la misura della f.e.m., della intensità, resistenza, capacità, ecc.

6.° - *Unità termiche* per misure di calore.

7.° - *Unità fotometriche* per misura della intensità luminosa, della chiarezza delle superfici, ecc.

Nel Congresso di Parigi del 1881 i fisici delegati delle principali Nazioni, considerando che tutte le unità di misura meccaniche, elettriche e magnetiche potevano derivarsi dalle tre sole unità di misura di lunghezza di massa e di tempo, convennero di adottare come base di tutte le misure magnetiche ed elettriche le tre unità fondamentali *centimetro, grammo, secondo*. E ciò venne fatto in virtù delle relazioni e delle leggi che legano le grandezze elettriche e magnetiche con quelle meccaniche. Le tre unità fondamentali centimetro - grammo - secondo formano il *sistema assoluto*.

Per i casi che si presentano ordinariamente le unità C. G. S. (centimetro-grammo-secondo) sono troppo grandi o troppo piccole, cosicchè i valori delle grandezze che si incontrano in pratica, se espressi con tali unità, risultano enormi o piccolissimi, e non hanno un significato ben preciso alla nostra mente. Si è cercato di adottare un nuovo sistema con tre unità fondamentali scelte in modo da dare, in ogni caso della pratica, numeri di uso agevole. Ma non è stato possibile creare un simile sistema. Si è tenuta così una via di mezzo e mentre per le misure delle grandezze magnetiche si è mantenuto il sistema assoluto elettromagnetico, per le grandezze elettriche si è adottato un sistema avente ancora per unità di tempo il secondo, ma per unità di lunghezza 10 centimetri e come unità di massa $\frac{1}{1.000.000.000}$ di grammo. Questo sistema è stato chiamato *sistema pratico* e le sue unità sono oggi universalmente adottate. Ad esempio, l'unità assoluta del lavoro elettrico è l'*erg* e l'unità pratica è l'eguale a 10^7 *erg* e prende il nome di Joule (v. § 11); così pure l'unità della potenza elettrica è eguale $\frac{10^7 \text{ erg}}{\text{sec.}}$ e prende il nome di watt (v. § 11).

Riassumeremo adesso brevemente le definizioni delle unità di misura delle grandezze elettriche e le divideremo nelle due grandi categorie: unità assolute del sistema C. G. S. ed unità pratiche,

1 - Unità assolute del sistema C. G. S.

Unità magnetiche:

a) *di quantità di magnetismo*; è la massa magnetica che ne respinge una eguale posta ad un centimetro di distanza con la forza di una dine (v. § 28).

b) *di intensità di campo magnetico*; è l'intensità di un punto del campo nel quale si esercita la forza di una dine sull'unità di massa magnetica (chiamata Gauss - v. § 30).

c) *di flusso magnetico;* è il flusso magnetico passante per una superficie di 1 cm.^{2} posta normalmente alla direzione del campo e quando il campo ha l'intensità di 1 Gauss (chiamata Maxwell - v. § 30).

Unità elettriche:

a) *di intensità di corrente;* è la corrente che percorrendo un circuito di raggio 1 cm. esercita, nel percorso di un cm., la forza di una dine sopra l'unità di massa magnetica posta al centro del circuito stesso.

b) *di quantità di elettricità;* è la quantità che passa nell'unità di tempo in un circuito dove circola una corrente di intensità unitaria.

c) *di forza elettromotrice;* è la f.e.m. che si produce per induzione in un conduttore lungo un centimetro, che taglia normalmente un flusso magnetico della intensità di un Maxwell con la velocità di un centimetro in un minuto secondo.

d) *di resistenza;* è la resistenza di un conduttore che viene percorso dall'intensità di corrente unitaria quando ad esso si applica una d.d.p. unitaria.

e) *di capacità;* è la capacità di un condensatore che con una d.d.p unitaria fra le sue armature si carica della quantità unitaria di elettricità.

f) *di induttanza;* è l'induttanza di un circuito nel quale alla regolare variazione di una unità di corrente in un secondo, corrisponde una f.e.m. indotta unitaria.

Come si è già detto per la misura delle grandezze magnetiche si usano in pratica le unità del sistema assoluto C. G. S., mentre per la misura delle grandezze elettriche si usano in pratica le cosidette unità pratiche, definite nel Congresso Internazionale di Chicago del 1901. Esse sono:

2. - Unità pratiche.

a) *Ohm internazionale*; è la resistenza offerta ad una corrente costante da una colonna di mercurio della sezione costante di 1 mm^2 dell'altezza di cm. 106 ed alla temperatura di 0° centigradi. Corrisponde ad 1.000.000.000 di unità assolute (v. § 6).

Multiplo: Megaohm = 1.000.000 ohm ($M\Omega$)

$$\text{Sottomultiplo: Microohm} = \frac{1}{1.000.000} \text{ ohm } (\mu\Omega)$$

b) *Ampère internazionale*; è l'intensità di quella corrente costante la quale attraversando una soluzione acquosa di nitrato di argento deposita in

un minuto secondo grammi 0,001118 di argento. Corrisponde ad $^1/_{10}$ di unità assoluta

$$\text{Sottomultipli: Milliampère} = \frac{1}{1.000} \text{ A (m A)}$$

$$\text{Microampère} = \frac{1}{1.000.000} \text{ A } (\mu \text{ A})$$

c) *Volt internazionale;* è la costante differenza di potenziale che, applicata ad un conduttore della resistenza di 1 Ohm, genera la corrente di 1 ampère. Corrisponde a 100.000.000 unità assolute.

Multiplo: Chilovolt = 1.000 V (K V).

d) *Coulomb;* è la quantità di elettricità che passa nell'unità di tempo in un circuito dove circola una corrente di intensità unitaria. Corrisponde ad $^1/_{10}$ di unità assoluta.

$$\text{Sottomultiplo: Microcoulomb} = \frac{1}{1.000.000} \text{ C } (\mu\text{C})$$

Nell'industria si usa come unità di quantità di elettricità l'ampère-ora (Ah) = 3500 C.

e) *Joule;* è l'energia consumata in un conduttore fra i cui estremi vi è la d.d.p. di 1 volt, quando vi passa una quantità di elettricità di 1 coulomb. Corrisponde a 10.000.000 unità assolute.

L'unità di energia usata nell'industria è il wattora (Wh) = 3600 J.

Multiplo: Kilowatt-ora = 3.600.000 J.

f) *Watt;* è la potenza consumata in un conduttore fra i cui estremi vi è applicata la d.d.p. di 1 volt, quando vi circola la corrente di 1 ampère. Corrisponde a 10.000.000 unità assolute (v. § 4).

Multiplo: Kilowatt = 1.000 W (K W).

g) *Farad;* è la capacità di un condensatore che, con una differenza potenziale di 1 volt fra le sue armature, si carica della quantità 1 di elettricità. Corrisponde a $\frac{1}{1.000.000.000}$ unità assolute.

$$\text{Sottomultiplo: Microfarad} = \frac{1}{1.000.000} \text{ F } (\mu) \text{ F}$$

f) *Henry*; è l'induttanza di un circuito nel quale alla regolare variazione di una unità di corrente in un secondo corrisponde una f.e.m. indotta di 1 volt. Corrisponde a 1.000.000.000 unità assolute.

$$\text{Sottomultipli: Millihenry} = \frac{1}{1.000}\ \text{H (mH)}$$

$$\text{Microhenry} = \frac{1}{1.000.000}\ \text{H } (\mu\text{H})$$

§ 51 — **Tipi principali di strumenti di misura e loro caratteristiche**

Gli strumenti per misurazioni elettriche si possono classificare in diverse categorie a seconda del principio di costruzione, dello scopo e dell'impiego delle grandezze da misurare.

Anzitutto vi sono due categorie di strumenti che si distinguono nettamente e sono:

1. - *Gli strumenti scientifici da laboratorio.*
2. - *Gli strumenti di misura industriali.*

Noi ci occuperemo solo della seconda categoria perchè la spiegazione degli strumenti appartenenti alla prima categoria esorbita dai limiti di questo manuale.

Gli strumenti industriali si dividono:

a) *Strumenti indicatori* che segnano i valori medi istantanei ed efficaci delle diverse grandezze elettriche.

b) *Strumenti registratori* che segnano e registrano sopra una lista o foglio di carta la variazione delle grandezze da misurare, per mezzo di penne scriventi.

c) *Strumenti integratori* che fanno la somma dell'energia elettrica erogata.

Noi tratteremo degli strumenti indicatori perchè essi solo interessano la nostra esposizione e diremo che, a seconda delle grandezze da misurare, essi si dividono in:

Amperometri; misuratori dell'intensità della corrente in ampères;
Voltmetri; misuratori della tensione o f.e.m. in volts;
Wattmetri; misuratori della potenza dei circuiti;

Ohmmetri; misuratori di resistenze molto grandi;
Ponti per resistenze; misuratori di resistenze comuni e piccole;
Ponti per capacità; misuratori della capacità;
Ponti per induttanza; misuratori dell'induttanza;
Fasometri; misuratori dello spostamento di fase fra la corrente e la f.e.m.;

Frequenziometri; misuratori della frequenza di una corrente alternata.

A seconda poi del principio di costruzione gli apparecchi elettrici di misura industriali si dividono in: elettromagnetici, magneto-elettrci, elettrodinamici, elettrostatici, termici od a filo caldo, ecc.

La maggior parte delle misure di corrente e di d.d.p. si fondano sull'azione reciproca di due parti metalliche, una mobile fornita dell'indice ed un'altra fissa, delle quali almeno una è percorsa dalla corrente: lo spostamento o deviazione dalla parte mobile e quindi dell'indice misura la corrente o la d.d.p.

La parte mobile è sottoposta a due azioni; una azione elettrica che tende a spostarla ed una azione antagonista, che tende a mantenerla in una determinata posizione. La parte mobile si sposta per effetto della grandezza elettrica da misurare fino a che non ha preso una posizione nella quale le due azioni si equilibrano; l'indice si muove con essa su di una *scala* graduata e la misura si riduce alla valutazione dello spostamento, cioè alla lettura della deviazione dell'indice. La scala viene dai costruttori tracciata in base a prove di confronto con altri strumenti, operazione che si chiama *taratura.*

§ 52 — **Misura dell' intensità della corrente e della f. e. m.**

Chiamansi *Ampèrometri* gli strumenti indicatori che dànno direttamente la misura dell'intensità della corrente, e *Voltmetri* quelli che dànno la misura della d.d.p. fra due punti di un circuito.

Tutti gli ampèrometri sono elettromagnetici; i voltmetri possono essere elettromagnetici ed elettrostatici. La prima essenziale qualità di un ampèrometro è di avere una resistenza totale piccolissima, affinchè *posto in serie* in un dato circuito, esso produca una variazione inapprezzabile dell'intensità di corrente da misurare. Per contro, la resistenza di un voltmetro deve

essere talmente grande da non produrre alcuna variazione sensibile nella differenza di potenziale fra i due punti *fra i quali è derivato.*

All'infuori di tali differenze sostanziali, e di quelle altre costruttive che dipendono dai diversi valori delle grandezze da misurare, non ve ne sono altre importanti che distinguono la costruzione e teoria degli ampèrometri e voltmetri elettromagnetici.

A bordo delle nostre navi vengono adoperati come strumenti di misura i tipi elettromagnetici a bobina mobile Weston commerciali (ampèrometri e voltmetri). L'apparecchio è costituito da un magnete foggiato a ferro di cavallo (fig. 122), all'estremità del quale sono fissati due blocchetti di ferro dolce, costruiti in modo da formare una cavità cilindrica. In questa cavità

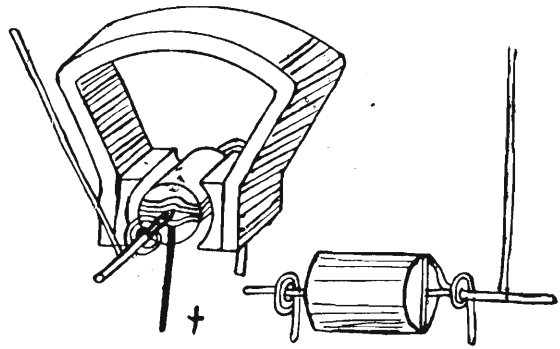


Fig. 122.

oscilla la parte mobile costituita da un sottile filo di rame isolato ed avvolto a spira sopra un telaietto pure di rame, girevole intorno al proprio asse. L'asse è di acciaio e le sue estremità poggiano su sostegni di metallo. All'intorno del telaio vi è un blocchetto cilindrico di ferro dolce fissato alla sca tola dell'apparecchio e che ha lo scopo, con gli altri blocchetti di ferro dolce citati, di impedire le dispersioni delle linee di forza nello spazio circostante, rendendo così il campo magnetico della calamita più intenso e praticamente uniforme. Il telaio nella posizione di riposo, è disposto a 45° rispetto alla congiungente dei magneti ed è mantenuto in questa posizione da due molle a spirale che agiscono sui due perni del telaio opponendosi al suo movimento; inoltre le molle portano la corrente alla bobina. La deviazione che si ottiene, dovuta alla reazione magnetica fra la corrente che percorre la bobina ed il campo magnetico permanente, risulta proporzionale alla corrente. Al telaio è collegato un indice che scorre su di una gra-

duazione fissa. Tale graduazione sarà evidentemente uniforme, cioè costituita di parti tutte eguali fra loro.

La corrente, dovendo percorrere prima di entrare nella bobina le molle a spirale che, per ragioni di sensibilità, sono lunghe e sottili, non può essere molto intensa. Inoltre in tal caso il filo della bobina dovrebbe essere di sezione rilevante e quindi aumenterebbe il peso dell'*equipaggio mobile* con svantaggio della sensibilità e perciò della precisione dell'apparecchio.

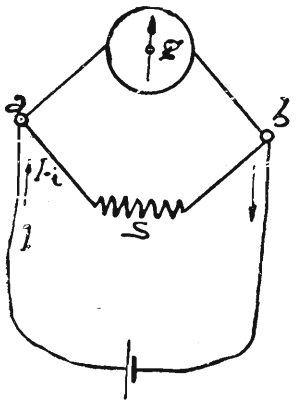


Fig. 123.

Per gli ampèrometri, volendo misurare correnti intense, si deve ridurre allo *shunt*. Lo shunt o riduttore è un conduttore derivato fra i poli dello strumento di misura (o di qualsiasi altro apparecchio), affinchè lo strumento stesso sia attraversato solamente da una frazione data dalla corrente principale.

Consideriamo, ad esempio, il circuito della figura 123, nel quale la corrente totale ha una intensità I; fra i due punti *a* e *b* biforchiamo la corrente principale in due correnti, una che attraversi l'ampèrometro *g* di resistenza *r*, l'altra che attraversi uno shunt di resistenza S. Essendo *i* ed I-i le intensità della corrente rispettivamente nello strumento e nello shunt, dovremo avere per la legge di Ohm:

$$ri = S\ (I\text{-}i) \qquad \text{da cui} \qquad I = \frac{r + S}{S}\ i$$

Il rapporto $\frac{r + S}{S}$ prende il nome di *potere moltiplicatore dello shunt*. Il prodotto del potere moltiplicatore per la lettura dell'ampèrometro, dà il valore della corrente che si vuol misurare. Per gli ampèrometri da quadro tale prodotto è eseguito dal costruttore stesso il quale gradua in relazione la scala dello strumento. Lo shunt è fissato all'interno od all'esterno dell'apparecchio e secondo le sue dimensioni.

Voltmetro campione: esso è costituito nello stesso modo; però, essendo un apparecchio di precisione, i particolari di costruzione sono più curati. Il telaietto si fa di alluminio perchè sia più leggero e su di esso è avvolto il filo di rame. L'asse del telaietto appoggia su sostegni di agata e l'apparecchio è munito di interruttore a pulsante. L'indice è di alluminio e fatto a coltello; è disposto con il suo piano normale al piano della graduazione, sotto la quale vi è uno specchio per poter fare più esattamente la misura

(fig. 124). Lo strumento ha tre serrafili; uno (3) è il positivo, due (1 e 2) sono negativi, e (4) è l'interruttore. Fra il serrafilo 2 e la bobina è inserita in serie una resistenza molto forte che permette di usare il voltmetro per misure di tensione fino a 150 volts; fra il serrafilo 1 e la bobina è inserita invece una resistenza più piccola la quale permette di usare il voltmetro per tensioni da 0 a 3 volts.

Gli strumenti a bobina mobile non si prestano per misurare grandezze alternate perchè variando il senso della coppia motrice dell'equipaggio mobile ad ogni inversione della direzione della corrente, l'ago dovrebbe mettersi ad oscillare sincronicamente con la corrente. D'altra parte una misura di questa specie, anche se possibile, non avrebbe alcun significato perchè l'intensità di una corrente alternata non si misura in base al suo valore istantaneo ma in base al suo valore efficace. Invece tutti gli strumenti nei quali l'azione meccanica della corrente non cambia in senso al variare della direzione della corrente stessa, possono servire alla misura della corrente alternata: così sono quegli strumenti che hanno le deviazioni proporzionali al quadrato dell'intensità della corrente. Il loro indice si ferma in una posizione corrispondente al valore medio del quadrato dell'intensità nei successivi istanti e quindi essi possono servire a misurare l'intensità efficace. Gli strumenti più usati per la misura delle intensità e tensioni alternate sono quelli *elettromagnetici a ferro mobile* e quelli *a filo caldo*.

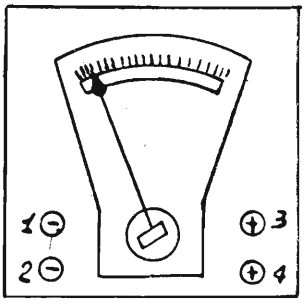


Fig. 124.

Strumenti elettromagnetici a ferro mobile: Si riducono quasi tutti alla disposizione della figura 125. Sotto l'azione del campo creato dal solenoide S, percorso dalla corrente da misurare, due segmenti cilindrici di ferro dolce *a* e *b*, dei quali il primo è fisso ed il secondo solidale con l'equipaggio mobile, si magnetizzano nello stesso senso e si respingono dando luogo ad una coppia il cui valore dipende in modo assai complesso dalla corrente. La coppia antagonista è data, come al solito, da una molla. Invertendo il senso della corrente nel solenoide, la coppia motrice non cambia senso, perchè cambia il senso della magnetizzazione in entrambi i segmenti. Cosicchè simili strumenti sono atti a misurare tanto le correnti continue come le correnti alternate. La deviazione però non è rigorosamente proporzionale al quadrato del valore efficace della corrente e quindi la taratura deve essere fatta per confronto con altri apparecchi.

Il grande pregio di questi strumenti è la semplicità costruttiva e quindi la robustezza.

Strumenti a filo caldo: Negli strumenti di questo tipo il valore dell'intensità della corrente si deduce dall'allungamento che subisce un filo sottile quando sia percorso e quindi riscaldato dalla corrente stessa. Il tipo migliore è quello Hartmann e Braun (fig. 126). Il filo *a b* che deve allungarsi

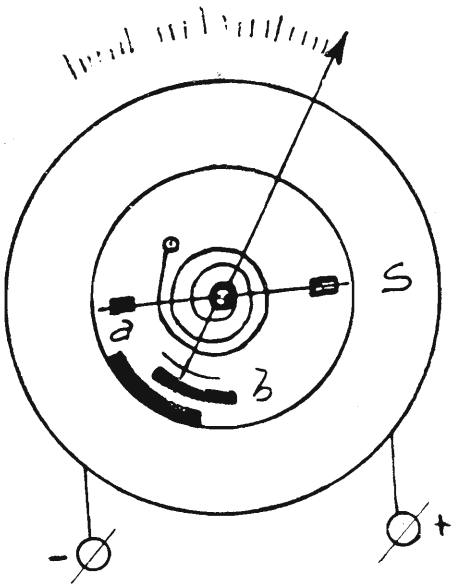


Fig. 125.

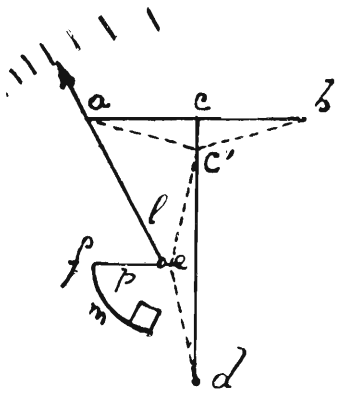


Fig. 126.

al passaggio della corrente, è molto breve ed è costituito da una lega di platino e argento; a metà esso è congiunto con un filo *c d* il quale a sua volta è unito nel punto di mezzo con il filo *e f*. Il sistema di questi tre fili è sollecitato a distendersi da una molla *m*. Il filo *e f* inoltre è avvolto sopra la puleggia *l* che porta con sè fissato l'indice dello strumento. Quando per effetto del riscaldamento prodotto dalla corrente, *a b* si allunga, il punto *c* scende in *c'*, *c d* si inflette, la molla si stende, la puleggia *l* ruota e l'indice si sposta.

Con tale disposizione l'allungamento del filo *a b* risulta moltiplicato e si possono avere dall'indice ampi spostamenti. L'allungamento del filo è proporzionale alla temperatura che esso raggiunge; la temperatura è proporzionale al calore sviluppato dalla corrente ed il calore è, a sua volta proporzionale al quadrato della intensità della corrente. Quindi la deviazione dell'ago è proporzionale al quadrato della corrente.

Di conseguenza la scala degli strumenti termici non è uniforme, ma è più rada in fine che in principio. Tali strumenti si prestano a misurare correnti sia continue che alternate.

Diremo in ultimo che negli amperometro il filo *a b* è messo in derivazione sullo shunt mentre nei voltmetri è posto in serie con una resistenza addizionale.

La verifica o taratura degli ampèrometri si fa mettendo in serie con l'apparecchio A da controllare un ampèrometro A′ campione ed una piccola dinamo o più accumulatori, in parallelo fra loro. La variazione degli ampères si ottiene con una resistenza regolatrice R in serie con gli apparecchi (fig. 127).

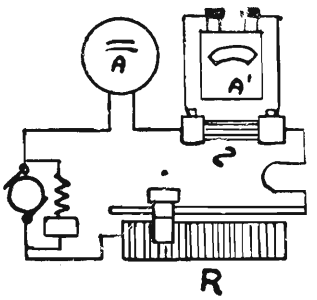


Fig. 127.

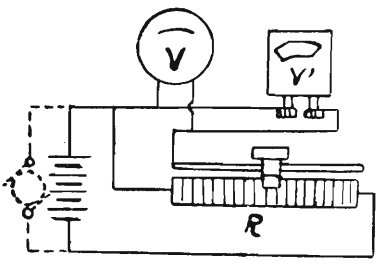


Fig. 128.

La taratura dei voltmetri si fa mettendoli in parallelo (fig. 128) con voltmetri campione V′ e variando la tensione per mezzo di resistenze, od impiegando piccole dinamo di qualche ampère e con tensione variabile fra grandi limiti. Si adoperano batterie di accumulatori piccolissimi, a due o tre placche, messi in serie in gran numero.

§ 53 — **Misura della resistenza**

Il metodo più in uso per la misura di medie e piccole resistenze è quello del ponte che serve per misure nei limiti da 1 ohm a 100000 ohm circa. Esso dà la misura di una resistenza in funzione di quella di altre resistenze note e l'apparecchio del genere più conosciuto è il cosidetto Ponte di Wheatstone.

E' costituito (fig. 129) da un quadrilatero di resistenze e sulla diagonale di esso si inserisce un sensibilissimo strumento di misura G (galvanometro)

ed una pila *p*. Se nella diagonale C D non circola corrente, ossia se lo strumento non dà indicazione, la corrente i_1 che percorre il lato r_1 deve (circuiti derivati) percorrere anche il lato r_2; così pure la corrente i_2 che percorre il lato r_3 deve percorrere anche il lato r_4.

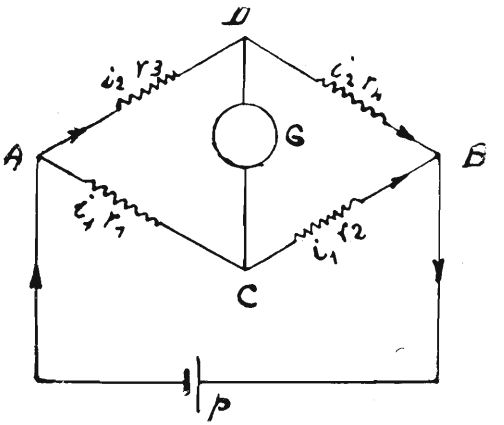


Fig. 129.

Inoltre per la legge di Ohm ($V = R\,I$) si avrà, dato che non passando corrente nello strumento non vi può essere d.d.p. fra C e D:

$$i_1\ r_1 = i_2\ r_3 \qquad\qquad i_1\ r_2 = i_2\ r_4$$

cioè le cadute di tensione lungo i lati A C e C B debbono essere rispettivamente eguali alle cadute lungo i lati A D e D B.

Dividendo fra loro le due eguaglianze si ha:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4} \qquad \text{da cui} \qquad r_4 = r_2 \frac{r_3}{r_1}$$

Vale a dire che, note le tre resistenze r_1, r_2, r_3, si può ricavare il valore della resistenza r_4.

In pratica la disposizione è quella della figura 130 e le tre resistenze r_1, r_2, r_3 vengono riunite in una sola cassetta. Sui due lati A C, A D si inseriscono resistenze di valore 10, 100, 1000 ohm che permettono di dare al rapporto $\frac{r_3}{r_1}$ i valori di $^1/_{100}$, $^1/_{10}$, 1, 10, 100. Sul lato C B trovasi una cassetta di resistenza, per mezzo della quale si inserisce la resistenza r_2 necessaria perchè lo strumento non segni passaggio di corrente.

Questa resistenza moltiplicata per il rapporto $\frac{r_3}{r_1}$ ci dà il valore della resistenza incognita x inserita sul lato D B. Il tasto t' serve a chiudere il circuito della f.e.m. nel solo istante nel quale si effettuano le misure, il tasto t ad inserire il galvanometro. In pratica per la misura è necessario variare le

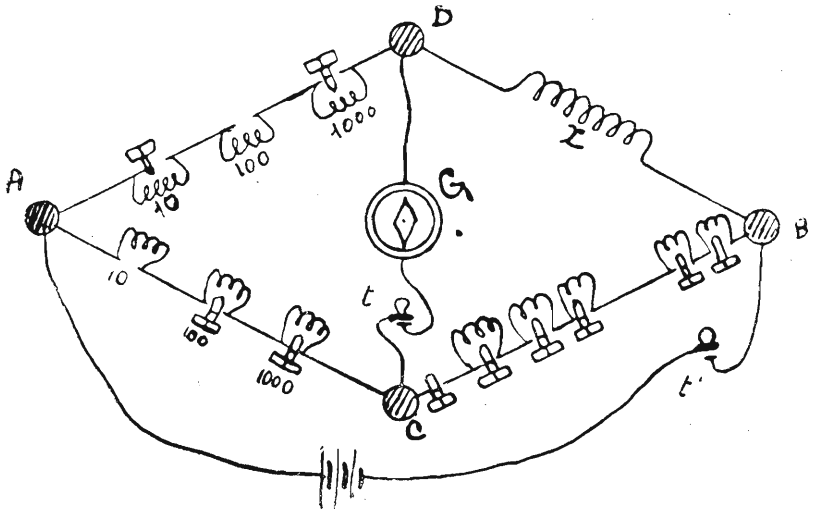


Fig. 130.

resistenze conosciute in modo da ottenere il perfetto equilibrio nel ponte, equilibrio che si raggiunge quando nello strumento non passa più corrente.

Nell'effettuare la misura bisogna tener presente di abbassare prima il tasto t', poi quello t per inserire la f.e.m. ed il galvanometro, ed a misura eseguita invece, alzare prima il tasto t, poi il tasto t'; e ciò perchè lo strumento di misura che è delicatissimo non venga percorso e danneggiato dalla extracorrente di apertura e di chiusura.

Altro metodo per misurare una resistenza è quello che si ottiene mediante l'uso dell'ampèrometro e del voltmetro (fig. 131). Con questo metodo, per misurare una resistenza R si fa passare una corrente continua adatta e con un ampèrometro ed un voltmetro si misura l'intensità I e la f.e.m. E alle estremità della resistenza R. La resistenza R sarà data (legge di Ohm) da:

$$R = \frac{E}{I}$$

Per fare in modo che la corrente non sia troppo grande si può inserire una resistenza variabile R'. Per questo metodo si usano strumenti tipo Weston, ed esso è molto usato per la misura della resistenza dei circuiti delle macchine elettriche. Occorre che gli strumenti siano esatti altrimenti si possono commettere sensibili errori.

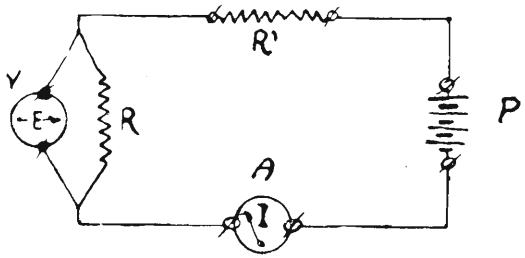


Fig. 131.

Dalla formula sopraindicata si deduce che se E fosse costante, si potrebbe sull'ampèrometro segnare per ogni divisione di scala il valore di E : I ossia la resistenza in ohm. Cioè l'ampèrometro potrebbe indicare direttamente la resistenza.

Su questo principio sono costruiti gli *ohmmetri* che sono apparecchi portatili molto diffusi e che servono per misurare la resistenza di isolamento dei circuiti, di solito grandissima, dell'ordine di qualche migliaio di ohm fino a parecchi megaohm. Questi apparecchi contengono oltre allo strumento di misura, una piccola dinamo magneto-elettrica di un centinaio di volt azionata a mano. Vedremo, parlando delle macchine elettriche e della distribuzione e manutenzione dei circuiti a bordo, in quali casi particolari vengono adoperati gli ohmmetri.

§ 54 — **Misura della potenza elettrica**

Per misurare la potenza erogata da un generatore si dispongano i circuiti come in figura 132. Le indicazioni V del voltmetro ed I dell'amperometro, introdotte nella formula

$$P = V\,I$$

daranno il valore della potenza P erogata dalla macchina generatrice e fornita all'utente.

Vi sono in commercio strumenti che forniscono direttamente il valore della potenza (Wattmetri) e noi ne daremo un breve cenno. Quasi tutti i wattmetri impiegati nella pratica sono del *tipo elettrodinamico*, ossia si basano sulle azioni magnetiche delle correnti e constano di una bobina fissa da inserirsi in serie sul circuito da misurare e di una bobina mobile da inserirsi in derivazione sullo stesso circuito. La bobina mobile ruota su due perni, mentre due piccole molle servono da forza antagonista ed a portare la corrente (fig. 133).

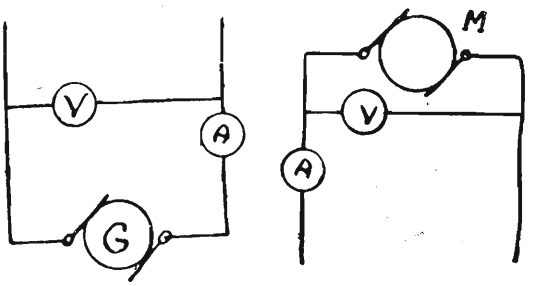


Fig. 132.

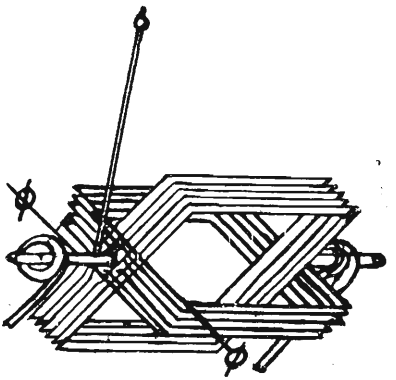


Fig. 133.

Le due bobine fissa e mobile sono perpendicolari fra loro e passando corrente nelle due bobine quella mobile è sollecitata, come se fosse una calamita, a ruotare per disporre il suo asse magnetico coincidente con quello della bobina fissa (v. capitolo VIII).

La coppia motrice è, in ogni istante, proporzionale alle correnti nei circuiti, cioè è proporzionale alla intensità ed alla tensione e quindi ai watt. Le due summenzionate bobine prendono il nome di *amperometrica*, quella in serie, e *voltometrica* quella in derivazione.

E' evidente che un simile apparecchio serve per la misura della potenza della corrente continua come per quella della corrente alternata.

§ 55 — **Misure varie**

Misura della differenza di fase e della frequenza:

Può essere utile qualche volta in pratica conoscere lo spostamento di fase fra due correnti simili alternate, ma per noi è di maggiore interesse la conoscenza esatta dell'istante nel quale le due grandezze alternate raggiun-

gono lo stesso valore o, come si suol dire, sono in concordanza di fase. Il sapere questo è assolutamente indispensabile come vedremo, per accoppiare due macchine generatrici alternate sul medesimo circuito. Gli apparecchi che possono fornirci questa determinazione si chiamano *indicatori di fase* e noi li studieremo quando, più oltre, tratteremo dei generatori di corrente alternata.

Circa la determinazione della frequenza di una corrente, cioè del numero dei periodi al secondo, esso si può in pratica ottenere misurando con un contagiri la velocità al minuto secondo del generatore di corrente e moltiplicando questa velocità per il numero di periodi corrispondenti a ogni giro.

Misura della capacità:

I metodi per la misura della capacità sono diversi e gli apparecchi sono di tipo svariato.

Noi accenneremo brevemente ad un metodo il quale si basa sul confronto con capacità note campioni. Carichiamo con una pila un condensatore campione C′ e con uno strumento di misura, osserviamo la deviazione che l'ago segna sotto la scarica del condensatore stesso. Sia A la deviazione, la quale è proporzionale alla quantità di elettricità. Con la medesima pila carichiamo ora la capacità incognita C″, scarichiamola sullo strumento di misura e chiamiamo B la deviazione dell'ago osservata. Essendo la capacità proporzionale alle quantità di elettricità e quindi proporzionale alle deviazioni, avremo:

$$\frac{C'}{C''} = \frac{A}{B} \qquad \text{da cui} \qquad C'' = \frac{B}{A} C'$$

Il principio, come si vede, è semplice; però all'atto pratico la risoluzione di tale metodo comporta strumenti delicatissimi, la cui descrizione esorbita dai limiti di questo manuale. Altri apparecchi per la misura delle capacità sono i *ponti di capacità*, i quali si basano su di un principio analogo a quello su cui sono basati i ponti per misura di resistenza già descritti. Di un ponte fondato su questo solito principio ci serviremo per ottenere la misura di induttanza.

Misura di induttanza:

Si ricorre ad uno schema analogo a quello della figura 129. Da un lato del ponte (fig. 134) vi sono due resistenze delle quali una R è variabile ed una R′ è fissa. Dall'altro lato del ponte si inseriscono una induttanza cam-

pione variabile A della quale perciò si conosce anche la resistenza R_a e l'induttanza incognita B. Cominciamo con il determinare la resistenza R_b dell'induttanza incognita ed a questo scopo il ponte non rappresenta, con la sua pila ed il suo strumento di misura nè più nè meno che un ponte a resi-

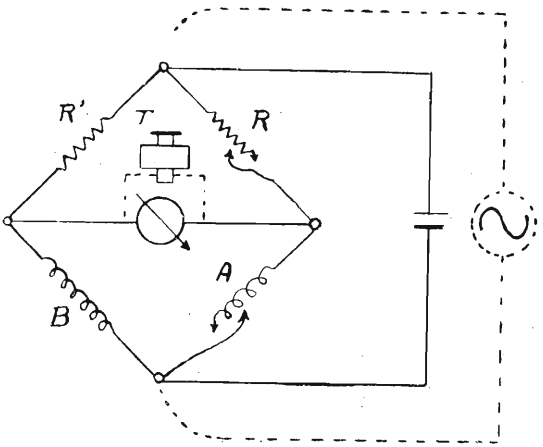


Fig. 134.

stenza già descritto. Equilibriamo il ponte facendo in modo che per lo strumento non passi corrente; manovrando opportunamente le due resistenze R e R' avremo allora:

$$R_b = R_a \frac{R}{R'}$$

Modifichiamo adesso il ponte, sostituendo allo strumento di misura un ricevitore telefonico T ed alla pila una sorgente di corrente alternata. Si equilibra nuovamente il ponte variando l'induttanza campione e questo equilibrio sarà raggiunto quando scomparirà al telefono ogni rumore dovuto alla variazione della corrente alternata. Faremo allora una lettura A' della induttanza campione. Avremo allora:

$$B = A' \frac{R}{R'}$$

Si intende che la modifica dello schema del ponte avviene nell'apparecchio stesso mediante la manovra di un semplice pulsante.

Misure magnetiche:

Esse comprendono la misura della *forza magnetizzante* (v. capitolo VII), dell'*induzione* (v. capitolo VII), della *permeabilità* (v. capitolo VII), e della *isteresi* (v. capitolo VIII), tutte importanti per la scelta del materiale, nella costruzione delle macchine elettriche generatrici di correnti.

Ne daremo un breve cenno, facendo presente che molti dei metodi di misura sono da laboratorio e che una descrizione più profonda non sarebbe consona al carattere elementare di questo manuale.

La misura della forza magnetizzante si può fare con il metodo delle *oscillazioni*, per mezzo del quale si deduce l'intensità di un campo dalla durata delle oscillazioni di un piccolo ago magnetico sospeso nel punto in esame, durata che dipende dalla intensità del campo stesso. Spostato l'ago dalla sua posizione parallela alle linee di forza del campo e lasciatolo quindi nuovamente libero, esso riprenderà la posizione primitiva dopo un numero di oscillazioni tanto minore quanto maggiore sarà la forza magnetizzante.

Per la misura della induzione e della permeabilità accenneremo al metodo *della forza portante*, basato sulla misura della forza necessaria a separare, nella direzione delle linee di forza del campo, le due parti di un circuito magnetico.

Le misure dell'isteresi si riducono alla misura della potenza assorbita nel fenomeno e fra i metodi accenneremo al *metodo del wattmetro*, il quale consiste nel costruire con il materiale in esame un circuito magnetico, sul quale si dispone un avvolgimento; inviata in questo una corrente alternata di frequenza nota, si determina con un wattometro la potenza assorbita dal circuito.

La misura del lavoro o dell'energia meccanica compete alla meccanica; ma spesso nelle applicazioni elettriche si presenta la necessità di misurare la potenza di un motore ed a tal uopo si usano i *freni* sui quali non ci fermeremo avendone descritto già un tipo nel capitolo IX.

§ 56 — **Misure e prove di isolamento**

Prova d'isolamento dei conduttori sotto corrente con l'uso del voltmetro. — Con un voltmetro (di resistenza interna R_v) appropriato alla tensione di linea, misuriamo le differenze di potenziale V_1 e V_2 esistenti fra gli estremi A e B della linea e la terra (v. fig. 135). Dette i_1 ed i_2 le correnti che si hanno attraverso il voltmetro, avremo:

$$i_1 = K\ V_1 \qquad i_2 = K\ V_2$$ essendo K la costante del voltmetro

Indichiamo con r_1, r_2, R, rispettivamente le resistenza dei tratti A C e C B del circuito esterno e della derivazione alla terra.

Nel fare la prima misura tra A e la terra, abbiamo costituito due circuiti derivati fra i punti A e C. Le intensità di corrente che circolano in essi,

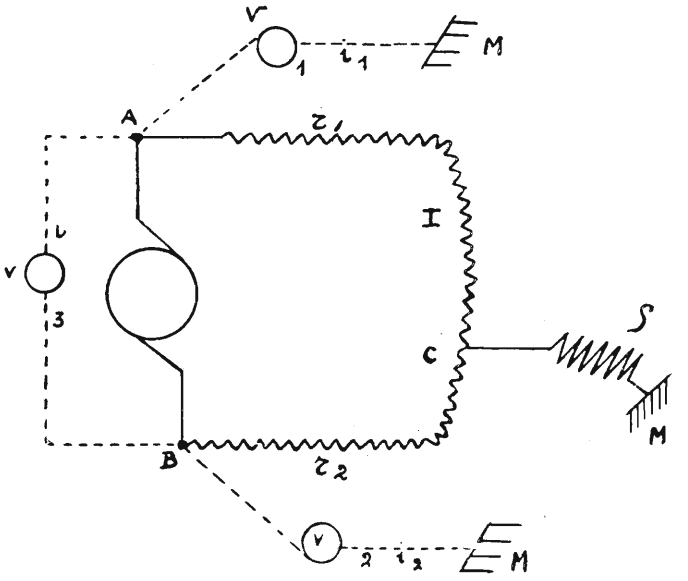


Fig. 135.

sono inversamente proporzionali alle resistenze e quindi, essendo I la intensità di corrente che percorre il circuito A C B e quindi anche il tratto A C:

$$\frac{I}{i_1} = \frac{Rv + R}{r_1} \quad \text{cioè} \quad I\, r_1 = i_1\,(R_v + R) \quad (\alpha)$$

Nella seconda misura i due circuiti derivati presentano le resistenze r_2 e $R_v + R$, onde analogamente si ha:

$$\frac{I}{i_2} = \frac{Rv + R}{R_2} \quad \text{cioè} \quad I r_2 = i_2\,(R_v + R) \quad (\beta)$$

Eseguiamo poi una terza misura, misurando la differenza di potenziale fra A e B, chiamando con i la corrente che traversa il voltmetro, e con V la lettura di questo; abbiamo che $i = K\,V$, ed osservando che rispetto alla dinamo, circuito esterno e circuito del voltmetro sono derivati, si ha:

$$\frac{I}{i} = \frac{R_v}{r_1 + r_2} \quad \text{cioè} \quad R_v\, i = 1\,(r_1 + r_2) \quad (\gamma)$$

sommando la α) con la β) otteniamo:

$$I\ (r_1 + r_2) = (i_1 + i_2)\ (R_v + R)$$

e sostituendo i valori della (γ)

$$R_v\, i = (i_1 + i_2)\ (R_v + R) \text{ cioè } R_v\ (1 - 1_1 - I_2) = R\ (1_1 + 1_2)$$

da cui:

$$R = \frac{(i - i_1 - i_2}{i_1 + i_2}\ R_v$$

oppure:

$$R = \left(\frac{i}{i_1 + i_2} - 1\right) R_v$$

ed essendo i_1, i_2, ed i, proporzionali alle indicazioni V_1; V_2; V del voltmetro si ha:

$$R = \left(\frac{V}{V_1 + V_2} - 1\right) R_v$$

Esempio. — Con una dinamo da 105 volts, adoperando un Weston di 20.000 ohm di resistenza, si fanno le seguenti letture:

1ª lettura = 105; 2ª lettura = 10; 3ª lettura = 25. Avremo:

$$R = \left(\frac{105}{10 + 25} - 1\right)\ .\ 20.000 = 40.000 \text{ ohm.}$$

Usando un voltmetro Weston di resistenza 20.000; si può ritenere che l'isolamento di un impianto sia buono quando esso è superiore ai seguenti valori:

Impianti a 110 volts quasi nuovi, circa 50.000 ohm.

Impianti a 110 volts che hanno molto funzionato, circa 12.000 ohm.

Se la prima e seconda lettura (V_1 e V_2) sono presso a poco eguali, i due conduttori della dinamo si trovano nelle medesime condizioni di isolamento e queste saranno tanto migliori quanto minore sarà la somma delle due letture. Se le due letture invece sono assai diverse vi sarà una dispersione maggiore sul conduttore che dà lettura minore. In ultimo, se la V_2 è eguale a zero e la V_1 è eguale a V, vi è un contatto diretto con lo scafo.

Prove d'isolamento con il cerca guasti elettromagnetico. — E' costituito da una scatola in legno che contiene:

1) Una piccola dinamo con indotto a doppio T con avvolgimento a gomitolo.

2) Una elettrocalamita con un'ancoretta sensibilissima che oscilla intorno ad un asse centrale, e dà movimento ad un battente che urta contro due campane metalliche.

3) Una resistenza R di circa 6000 ohm.

La disposizione dei circuiti è indicata nella figura 136. Agendo su di un manubrio esterno, si dà movimento mediante una serie di ingranaggi all'indotto. La f.e.m. alternativa che in esso si produce, genera corrente nei

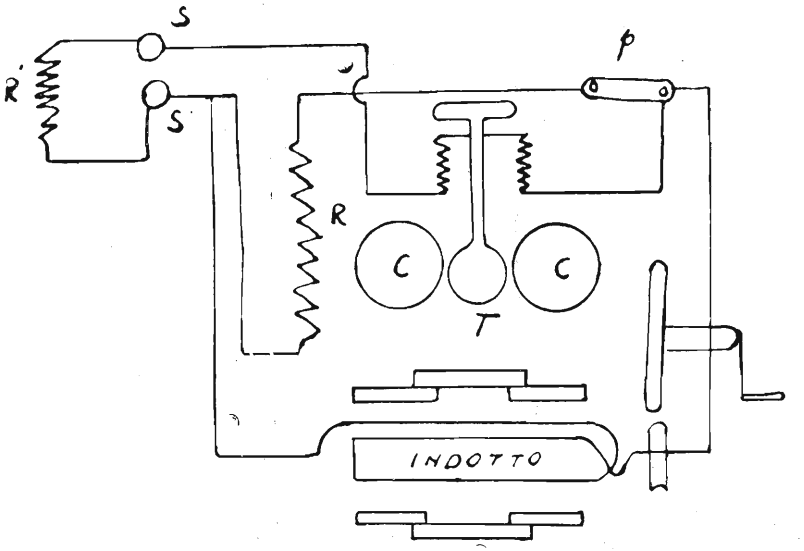


Fig. 136.

due circuiti derivati, sull'uno è inserita la resistenza R, sull'altro la elettrocalamita, e tra i serrafili s e s_1, la resistenza R' che si vuol paragonare. Allorchè il valore di questa resistenza è maggiore di 6000 ohm, la corrente che circola in quest'ultimo circuito non ha una intensità sufficiente da determinare la oscillazione dell'ancoretta; quando invece è minore di 6000 ohm, la intensità del campo alternativo che la corrente induce nella elettrocalamita è tale da determinare la oscillazione dell'ancoretta, e quindi si ha il suono dell'apparecchio.

Per provare quindi l'isolamento di un cavo conduttore si unisce un estremo di questo ai serrafili s, e l'altro ai serrafili s_1, si unisce un filo in comunicazione con lo scafo; se la resistenza d'isolamento del cavo è inferiore a 6000 ohm il cerca guasti suonerà mentre per valori della resistenza d'isolamento superiori non si ha alcun movimento del battente T.

Trattandosi di verificare la continuità di un circuito non si ha che da riunire gli estremi di esso ai serrafili s ed s_1; se la suoneria entra in azione la continuità esiste.

Prova d'isolamento di un avvolgimento o d'un conduttore non sottoposto a corrente, per mezzo del voltmetro. — Si dispone una batteria di pile P della quale si conosce la f.e.m. E, in serie con il circuito del quale vogliamo verificare l'isolamento, ponendo alla massa un polo della batteria come indicato dalla figura 137.

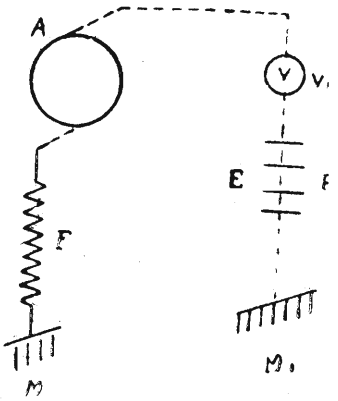


Fig. 137.

Si esegue al voltmetro la lettura V_1. Essendo effettivamente trascurabili rispetto al valore della resistenza da determinare, i valori della resistenza del circuito elettrico in esame e della resistenza interna della batteria di pile, avremo:

$$R = V_1 + R_x i$$

avendo chiamato R_x la resistenza cercata ed i la corrente che percorre il circuito M A M_1.

Indicando con R_v la resistenza del voltmetro, per la legge di Ohm abbiamo:

$$i = \frac{V}{R_v}$$

e sostituendo:

$$E = V_1 + \frac{V_1}{R_v} R_x$$

da cui:

$$R_x = \left(\frac{E - V_1}{V_1}\right) R_v$$

oppure:

$$R_x = \left(\frac{E}{V_1} - 1\right) R_v$$

Prova d'isolamento d'un conduttore nuovo. — La prova d'isolamento di un conduttore nuovo, da mettersi in opera, si fa immergendo l'intera bobina del conduttore in una vasca piena di acqua (fig. 137 bis). Le due estremità sono tenute isolate fuori acqua e ben asciutte: una di esse viene guarnita ad una batteria di 30 o 35 elementi di pile in serie, cui viene unito un voltmetro Weston; all'altro serrafili del Weston viene unito un conduttore portante una piastra di rame.

Toccando la prima volta con la piastra di rame il polo della batteria unita al conduttore si farà la prima lettura, leggendo cioè la tensione E fornita dalla batteria, immergendo poi la piastra nell'acqua si farà la seconda lettura. La resistenza d'isolamento è data dalla stessa formula del caso precedente, quindi la resistenza chilometrica d'isolamento del conduttore si avrà facendo la seguente operazione: (1ª lettura — 2ª lettura), resistenza grande Weston, lunghezza conduttore (Km.): 2ª lettura.

Esempio. — Con un voltmetro Weston di resistenza 18251 si fa la prova d'isolamento di un conduttore lungo metri 1200.

1ª lettura = 53
2ª lettura = 1,5

la resistenza chilometrica d'isolamento sarà:

$$(53 - 1{,}5) \times 18251 \times 1{,}2 : 1{,}5$$
$$51{,}5 \times 18251 \times 1{,}2 : 1{,}5 = 751941.$$

La resistenza chilometrica deve essere eguale o di poco inferiore a quella data per ogni conduttore regolamentare nel catalogo.

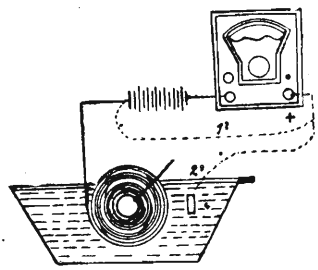


Fig. 137-bis.

Più l'isolamento sarà deficiente e maggiore sarà la 2ª lettura; se esistesse un vero contatto del conduttore con l'acqua, la 2ª lettura sarebbe uguale alla prima. In questo caso, tenendo sempre la piastra immersa nell'acqua, si comincia a ritirare a poco a poco dall'acqua il conduttore, avendo cura di asciugarlo bene, e si farà attenzione all'ago del voltmetro. Appena si vedrà la deviazione sparire o diminuire fortemente si sarà certi di aver estratto dall'acqua la parte avariata, che così risulterà subito nota.

La stessa prova d'isolamento si può fare col galvanometro-pila, usato come solo galvanometro (serrafili X), in unione ad una batteria di pile. In questo caso la prova non può dare un risultato numerico, perciò si farà soltanto la 3ª lettura e la grandezza della deviazione darà un'idea del grado d'isolamento.

Invece di una batteria di pile, si può adoperare una dinamo, che mantenga un voltaggio costante, da verificarsi per tutta la durata della prova per mezzo di altro voltmetro.

I conduttori multipli e quelli con speciali isolanti, per cui non si può logicamente adottare questo metodo, come sarebbero i cordoncini per lampadine portatili e campanelli, quelli per accensione delle artiglierie, ecc., saranno provati distendendoli sopra piani metallici in modo che il loro rivestimento, sia con essi nel miglior contatto possibile; si faranno le prove d'isolamento tra i piani metallici ed i conduttori e queste saranno ripetute diverse volte cambiando la posizione del conduttore.

CAPITOLO XII

Generalità sulle dinamo

§ 57 — Generalità sui motori a corrente continua

Le macchine elettriche si usano per convertire energia meccanica o termica od idraulica in energia elettrica e viceversa. Quando esse convertono una potenza meccanica in potenza elettrica prendono il nome di generatori ed in questo caso debbono essere poste in movimento da un motore quale può essere una macchina a vapore, un motore a scoppio, un motore a combustione interna od a turbina idraulica. Quando invece convertono la potenza elettrica in potenza meccanica, prendono il nome di *motori* e sono utilizzate per molteplici usi della pratica, quali ad esempio, il movimento di macchinari, veicoli, ecc.

Benchè si abbiano vari tipi di motori e vari tipi di generatori, la differenza fra essi è più nel loro uso che nei loro particolari di costruzione e nell'aspetto; infatti tale differenza è così lieve che la stessa macchina può usarsi per entrambi gli scopi senza alcuna variante e solamente con qualche modificazione di più o meno lieve entità. Le macchine elettriche generatrici possono essere costruite sia per generare corrente continua che per generare corrente alternata.

Esse si basano su tre principii fondamentali che noi abbiamo già studiato:

1° Quando un conduttore si muove in un campo magnetico viene percorso da una corrente indotta (v. cap. IX).

2° Quando una corrente percorre un conduttore immerso in un campo magnetico il conduttore stesso è sollecitato a muoversi attraverso il campo (v. cap. VIII).

3° Quando una corrente percorre un conduttore avvolto su di un nucleo di ferro, il nucleo si magnetizza (v. cap. VIII).

Chiameremo allora più propriamente *generatori* quelle macchine nelle quali, per effetto dell'induzione dovuta al movimento di un sistema di con-

duttori rispetto ad un campo magnetico, si genera nei conduttori stessi una f.e.m. indotta.

Per alcuni tipi di generatore il sistema di conduttori si muove in un campo magnetico fisso; per altri, come vedremo in seguito, il sistema di conduttori è fisso e si muove il campo magnetico.. In ogni caso vi è sempre un campo magnetico *induttore* ed un sistema di conduttori *indotto*, che sono più semplicemente chiamati rispettivamente *induttore* ed *indotto*. La parte mobile della macchina prende il nome di *rotore* e la parte immobile di *statore* indipendentemente dal loro ufficio di induttore o di indotto.

La f.e.m. che si produce è alternata. Però la corrente che si raccoglie per utilizzarla nel circuito esterno, può essere raddrizzata ed in tal caso il generatore è a corrente continua e prende il nome di *dinamo*. Quando invece la macchina è disposta in modo da fornire al circuito esterno una corrente alternata prende il nome di *alternatore*.

A bordo delle novi della R. Marina si usano per la produzione della energia elettrica, le dinamo.

Per avere il massimo rendimento nella produzione del campo magnetico, il circuito magnetico deve essere formato con materiali di forte permeabilità magnetica.

Poichè l'indotto e l'induttore debbono spostarsi l'uno rispetto all'altro, è necessario che vi sia tra essi un certo lasco il quale prende il nome di *intraferro* e nel quale le linee di forza attraversano l'aria; è evidente, dopo quanto è stato detto sui fenomeni magnetici, che lo spessore di intraferro debba essere nelle macchine ridotto al minimo.

Per comprendere bene il funzionamento di una dinamo riduciamo la macchina ad una semplice spira avvolta su di un anello di ferro e rotante in un campo magnetico uniforme, e rimandiamo il lettore a quanto abbiamo detto nel capitolo X parlando delle correnti alternate. La corrente e la f.e.m. di un tale generatore hanno l'andamento della curva rappresentata nella fig. 95; vedremo adesso come tali grandezze possano venire raddrizzate in modo da fornire al circuito esterno corrente e tensione continua.

§ 58 — **Raddrizzamento della corrente Collettore - Commutazione**

Ritornando alla figura 96 si chiama *asse neutro* la linea 1-3 ed il piano passante per questo asse e perpendicolare al piano della figura prende il nome di *piano di commutazione*. Quando la spira, nel suo movimento di rota-

zione, passa per tale piano, la corrente, in essa indotta, si inverte e questo fenomeno è stato ampiamente spiegato nel capitolo X sopraccennato.

Se si vuol raccogliere una corrente nel circuito esterno basta unire i due estremi della spira a due anelli metallici fissati sull'asse della macchina isolati fra loro e dall'asse stesso. Su questi due anelli metallici si fanno strisciare due spazzole metalliche alle quali fanno capo i due estremi del circuito esterno. In tal modo il circuito resterà chiuso ed una corrente (alternata in questo caso) circolerà nel circuito esterno. Volendo invece raccogliere nel circuito esterno una corrente diretta sempre nello stesso senso, cioè una corrente continua, bisogna ricorrere a sistemi meccanici per mezzo dei quali si possono invertire gli estremi della spira sugli anelli ogni qualvolta la f.e.m. passa per zero. A tale scopo, invece dei due anelli sopradetti, vi è calettato sull'asse della macchina un anello diviso per metà (fig. 138); ogni metà è

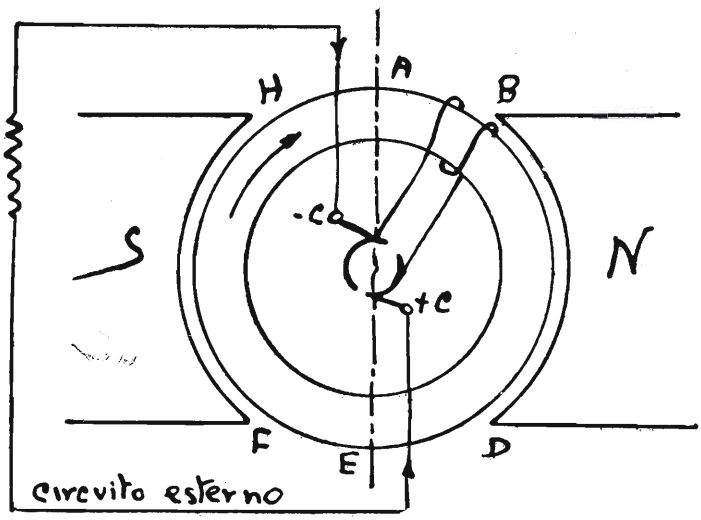


Fig. 138.

isolata dall'altra ed ambedue sono isolate dall'asse. Sopra di esse strisciano due spazzole + C e — C, immobili, collocate a 180° l'una dall'altra e connesse ciascuna ad un estremo del circuito esterno. Le spazzole debbono essere poste in modo da passare da una metà dell'anello all'altra nello stesso istante nel quale la spira passa per l'asse neutro. In tal modo la corrente che si raccoglie nel circuito esterno sarà una corrente unidirezionale *pulsante*, una corrente cioè che acquisterà, in una rotazione della spira, tutti i valori

rappresentati nella curva della fig. 139. Riassumendo, è bensì vero che nell'interno della spira la f.e.m. (e la corrente quando il circuito è chiuso) è alternata, ma, quando la f.e.m. nella spira si inverte, sotto ciascuna spazzola cambia il mezzo anello raccoglitore della corrente ed in conseguenza nel circuito esterno circola sempre corrente diretta nello stesso senso. L'anello prende il nome di *collettore*.

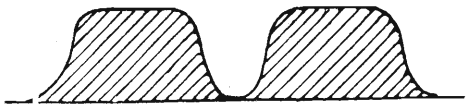


Fig. 139.

Volendo ottenere una corrente nel circuito esterno meno pulsante e che non si riduca mai a zero, bisogna aumentare il numero delle spire e distribuirle uniformemente sull'indotto. Esaminiamo la figura 140 che rappre-

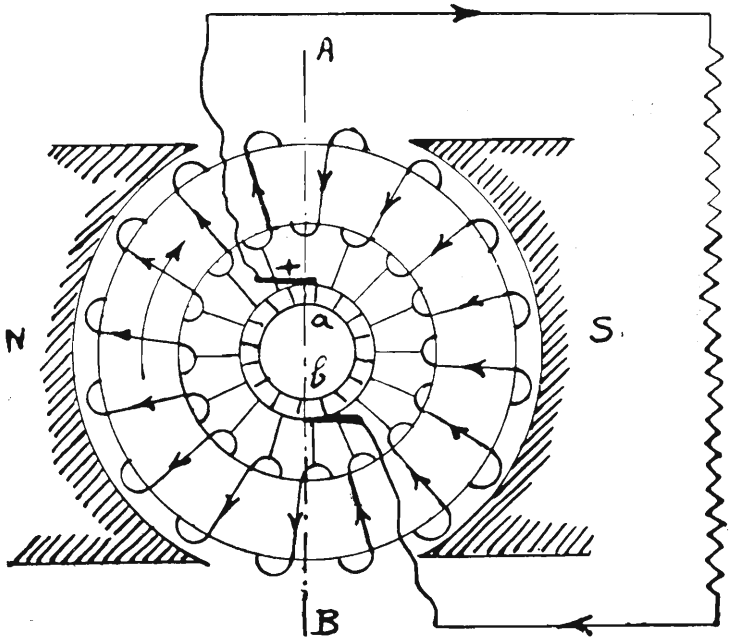


Fig. 140.

senta il caso semplice di una dinamo a due poli (*bipolare*), dove l'indotto è formato da un anello di ferro dolce sul quale sono avvolte uniformemente sedici spire riunite fra loro in modo da formare un avvolgimento continuo, chiuso su sè stesso.

L'albero dell'indotto porta il collettore il quale è ora formato da tanti segmenti di rame, quante sono le spire ed isolati uno dall'altro mediante sottili strati di mica. I tratti di connessione delle spire successive sono collegati con i segmenti del collettore per mezzo di conduttori radiali. Se tutto il sistema indotto ruota nel senso della freccia, le spire del mezzo anello di sinistra, passando davanti al polo N, sviluppano (regola della mano destra) una f.e.m. diretta nel senso delle freccie poste sulle spire stesse, ciò da davanti a dietro il piano della figura (entrante) nello stesso istante nelle spire del mezzo anello di destra, la f.e.m. è diretta dal di dietro al davanti della figura (uscente). Le spire che si trovano nel piano A B hanno f.e.m. nulla. Data la simmetria con la quale sono disposte le spire sull'anello, ne viene di conseguenza che in ogni istante la f.e.m. totale che si genera nel mezzo avvolgimento di sinistra è eguale a quello totale che si genera nel mezzo avvolgimento di destra. Ciascuna di queste due f.e.m. è la somma delle f.e.m. elementari di tutte le spire componenti un mezzo avvolgimento. Le f.e.m. totali dei due mezzi anelli non sono tuttavia costanti. Difatti le f.e.m. elementari che le costituiscono variano con il ruotare dell'indotto. Nella fig. 140, ad esempio, muovendosi l'indotto, la f.e.m. varia e riprende il valore corrispondente alla posizione della figura, solo quando la macchina ha ruotato 1/16 di giro. Si comprende come, quanto più numerose sono le spire, tanto meno pulsante è la f.e.m. ed in pratica le spire sono così numerose che la f.e.m. si può ritenere costante.

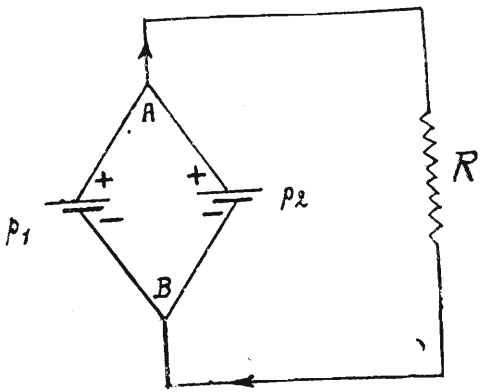


Fig. 141.

Le due f.e.m. dei due mezzi avvolgimenti sono dunque in opposizione fra loro e perciò nell'indotto stesso non circola corrente. Queste due metà si possono paragonare a due pile identiche ed accoppiate fra loro in serie ed in opposizione (fig. 141). Se mettiamo in comunicazione fra loro i punti

A e B le due pile risultano accoppiate in parallelo ed inviano corrente nel circuito ARB.

Così se, ritornando alla figura 140 in corrispondenza del piano di commutazione della dinamo si appoggiano sul collettore due spazzole nei punti *a* e *b* in comunicazione con un circuito esterno, si stabilisce sull'intero circuito esterno, una corrente che circola nel senso delle freccie; precisamente la corrente esce dalla spazzola *a* chiamata positiva, percorre il circuito esterno e rientra nell'indotto per la spazzola *b* chiamata *negativa*.

In pratica le spire sono numerosissime e sarebbe perciò meccanicamente impossibile costruire un collettore con un eguale numero di piastrine e segmenti. L'avvolgimento perciò si divide in tante sezioni ciascuna delle quali è composta da un certo numero di spire, identico per tutte; il numero delle piastrine del collettore è eguale a quello delle sezioni ed i tratti che uniscono due sezioni successive sono messi in comunicazione con una piastrina del collettore.

§ 59 — **Dinamo con indotto ad anello e dinamo con indotto a tamburo**

Il tipo di dinamo sopra descritto prende il nome di *dinamo con indotto ad anello*.

La figura 142 rappresenta una dinamo a quattro poli (*tetrapolare*), dinamo che in genere si costituiscono fino a potenze di 100 KW; per potenze maggiori si costruiscono con un numero ancora più grande di poli (*dinamo multipolari*).

Sull'indotto della dinamo della fig. 142 sono avvolte 16 spire, il collettore ha 16 piastrine. In questo caso, essendo il campo magnetico prodotto da 4 poli, è chiaro che invece di un piano di commutazione se ne abbiano due, corrispondenti alle mezzerie AA′ e BB′ degli spazi interpolari. Infatti la f.e.m. che si produce in ciascun gruppo di spire cambia direzione ogni qualvolta esso passa per le suddette mezzerie.

Riferendoci all'esempio della figura 141, paragoniamo il circuito chiuso dell'avvolgimento indotto della macchina, a quello della figura 143 nel quale non può circolare corrente. Se però noi colleghiamo fra loro i punti PP′ e QQ′ ed uniamo fra loro questi collegamenti, noi avremo nel conduttore SR una corrente diretta da S verso R, ed S con R diventano i poli di una batteria di pile in parallelo.

Nella dinamo della fig. 142 bisogna quindi applicare sul collettore quattro spazzole poste a 90° l'una dall'altra. Di queste spazzole due (Q e Q') sono positive e due (P e P') sono negative; possiamo perciò collegare insieme le spazzole positive e quelle negative e costituire così i poli della macchina.

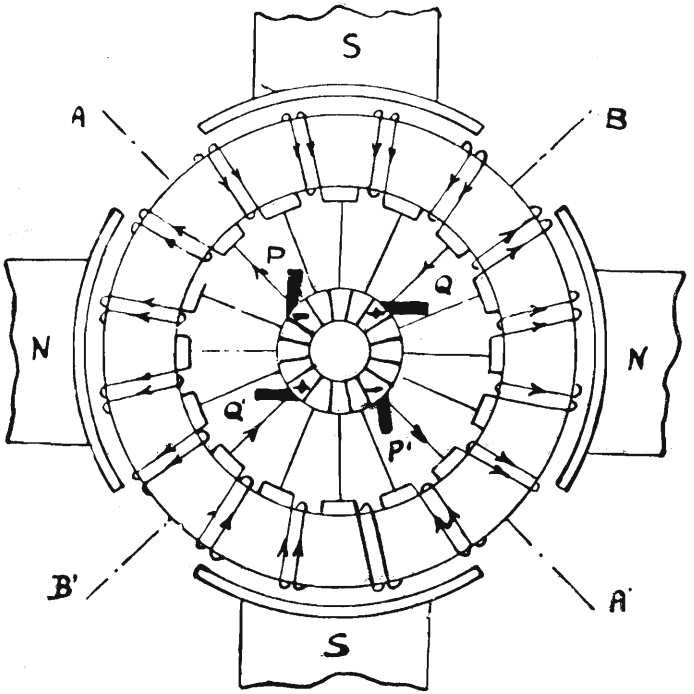


Fig. 142.

Restando in tal modo l'indotto diviso in quattro sezioni in parallelo fra loro, ne deriva che la tensione della macchina sarà quella di una sezione e l'intensità sarà la somma delle intensità di corrente circolanti in ognuna delle sezioni. Analogo ragionamento si può fare per una dinamo che abbia un numero maggiore di coppie polari.

Gli indotti ad anello hanno fatto ormai il loro tempo e sono quasi abbandonati.

Le dinamo si costruiscono oggi con gli *indotti a tamburo* i quali sono costituiti da un cilindro di materiale magnetico alla cui periferia sono disposti i fili utili dell'avvolgimento, secondo le generatrici. La fig. 144 rappresenta una dinamo bipolare a tamburo con 12 fili utili. Le connessioni a linea continua sono quelle che si trovano sulla fronte anteriore dell'indotto

e quelle a linea tratteggiata si trovano sulla fronte posteriore. Perchè le f.e.m. di differenti conduttori possono sommarsi, non debbono venire connessi conduttori esposti alla influenza del medesimo polo; fra due conduttori collegati fra loro deve intercedere una certa distanza, chiamata *passo o*

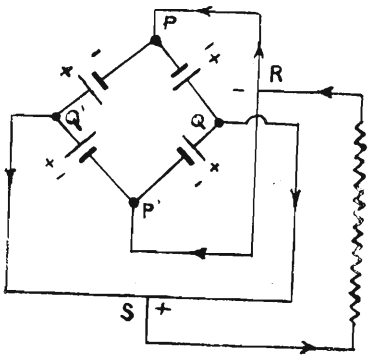


Fig. 143.

salto e misurata dal numero di fili utili che è necessario contare per giungere dall'uno all'altro. Nella dinamo della fig. 144 il passo è *cinque* su entrambe le fronti.

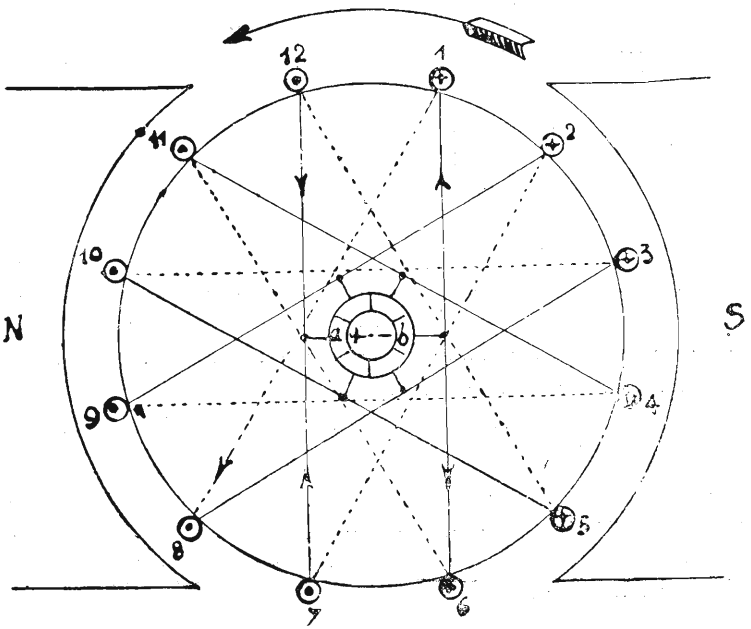


Fig. 144.

Così possiamo fare l'avvolgimento partendo dal filo 1, eseguendo il primo collegamento con il filo 6 muovendoci quindi nel senso perpendicolare al piano del foglio. Nei conduttori del mezzo tamburo di sinistra le f.e.m. indotte sono uscenti dal piano della figura e nel mezzo tamburo di destra sono entranti (Regola di Fleming della mano destra). Percorrendo l'avvolgimento si vede che la f.e.m. dei conduttori 1 - 8 - 3 - 10 - 5 - 12 sono in serie e la f.e.m. loro somma è in opposizione con la f.e.m. somma delle f.e.m. dei conduttori 6 - 11 - 4 - 9 - 2 - 7, pure in serie. Le lamelle del collettore sono in numero di metà di quello dei fili utili, ossia tante quante è il numero delle spire ed ogni lamella è connessa con il punto di mezzo dei collegamenti anteriori. Le spazzole, come al solito, sono in comunicazione con queste lamelle e la spazzola positiva va posta in *a*, quella negativa in *b* e la linea che le congiunge è perpendicolare al piano di commutazione, dividendo l'avvolgimento in due correnti in parallelo, eguali.

§ 60 — **Eccitazione - Induttori**

Si presenta ora la questione del come ottenere il campo magnetico dentro il quale deve ruotare l'indotto per ottenere la trasformazione di energia meccanica, in energia elettrica.

In alcune macchine antiche si usavano le calamite permanenti le quali però sono presto cadute in disuso perchè di prezzo elevato e per la scarsa intensità del campo che potevano fornire. Attualmente si usano quasi esclusivamente elettrocalamite le quali, con molta minore spesa, possono fornire campi intensi.

Il sistema induttore è formato da nuclei di ferro collocati in direzione radiale e sui quali sono avvolte le spirali di eccitazione; la carcassa che li riunisce si può fare di ghisa, ma meglio è di ferro o di acciaio dolce, ed inoltre deve avere una sezione conveniente per dare passaggio al flusso. Nel tratto su cui si avvolgono le spire di eccitazione i nuclei si fanno di sezione costante; terminano poi verso l'intraferro con le espansioni polari. Le figure 145, 146 e 147 rappresentano alcuni tipi di induttori più in uso.

Per inviare corrente nel circuito di eccitazione ci si può servire di una sorgente esterna, quale un'altra dinamo od una batteria di accumulatori, ed in tal caso abbiamo la dinamo ad *eccitazione indipendente;* oppure ci si può servire della corrente fornita dalla dinamo stessa ed allora abbiamo la dinamo *autoeccitatrice*. L'avvolgimento può essere messo in serie con l'indotto e con il circuito esterno ed in tal caso tutta la corrente fornita dall'in-

dotto circola nell'eccitazione. La macchina prende il nome di *dinamo in serie* (fig. 148).

D rappresenta l'indotto, M la spirale di eccitazione ed L gli utenti.

L'avvolgimento invece può essere messo in derivazione tanto sull'indotto che sul circuito esterno; in tal modo si hanno due circuiti derivati L

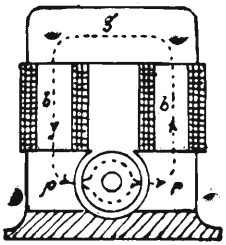


Fig. 145.

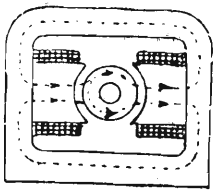


Fig. 146

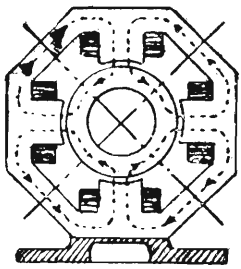


Fig. 147.

ed M ed un circuito principale costituito dall'indotto G. La macchina prende allora il nome di *dinamo in derivazione* (fig. 149).

Dipendendo l'intensità del campo magnetico dal numero di ampère spire (v. cap. VIII) dell'avvolgimento, nella dinamo in serie, nella cui eccitazione circola tutta la corrente dell'indotto, saranno necessarie per il campo induttore poche spire di filo, mentre che nella dinamo in derivazione, circolando nell'eccitazione debole corrente, il campo induttore dovrà essere costituito da un numero di spire molto maggiore che nel caso precedente.

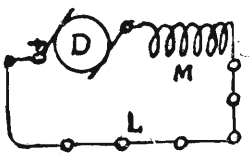


Fig. 148.

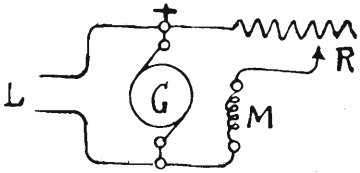


Fig 149.

Infatti, dovendo cercare di ridurre sempre al minimo le perdite per effetto Joule, date dal prodotto RI^2, e non potendo *nella dinamo in serie* diminuire la corrente I circolante nell'eccitazione, sarà necessario diminuire R costruendo l'eccitazione stessa con filo di grande sezione. Nella dinamo in

derivazione invece, la corrente dell'indotto si suddivide fra il circuito esterno ed il circuito induttore e, se indichiamo con V la d. d. p. alle spazzole e con R la resistenza del circuito induttore, la corrente che circola in quest'ultimo sarà $i = V/R$ e la potenza perduta per effetto Joule sarà: V^2/R e per renderla piccola, non potendo diminuire V, bisognerà aumentare R.

Dalle due precedenti disposizioni derivano altri due tipi di dinamo nei quali i nuclei induttori portano due spirali di eccitazione, una in serie ed una in derivazione ed essa prende il nome di *dinamo composta o compound.*

Però il collegamento si può fare in due modi diversi. Nella disposizione della figura 150 la spirale D è in derivazione alle spazzole e la spirale S è in serie sul circuito esterno; nella disposizione della figura 151 la spirale S è in serie con l'indotto e la spirale D è derivata ai poli del circuito esterno. La prima prende il nome di *dinamo composta con derivazione breve* e la seconda di *dinamo composta con derivazione lunga.*

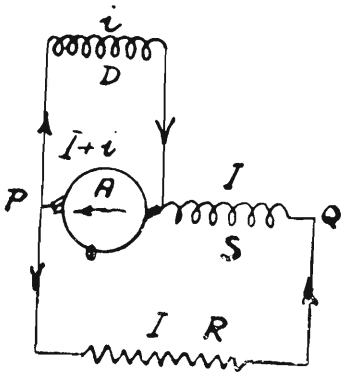


Fig. 150.

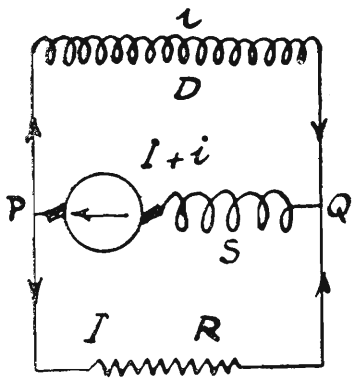


Fig. 151.

L'autoeccitazione è possibile perchè, appena costruita la macchina, si magnetizzano gli induttori inviando corrente negli avvolgimenti. Cessata la corrente non cessa la magnetizzazione ma rimane nei nuclei del magnetismo residuo capace di generare nell'indotto, quando una forza agente lo fa girare, una piccola f.e.m. Tale f.e.m. a sua volta produce nell'indotto una corrente la quale, percorrendo gli induttori, aumenta la loro magnetizzazione; aumenta in tal modo la f.e.m. indotta e così via fino a che la macchina non ha raggiunto il suo regime stabile.

§ 61 — Reazione di indotto - Commutazione Poli ausiliari - Circuiti compensatori

Reazione d'indotto. — Chiudendo su di una resistenza esterna l'indotto di una dinamo, circola in esso una corrente, che come qualunque altra corrente elettrica percorrente un conduttore qualsiasi, produce un campo magnetico. Questo si compone con il campo magnetico induttore, modificandone il valore e la distribuzione. La resistenza ohmica dell'indotto produce inoltre una caduta di tensione.

L'insieme di questo fenomeno prende il nome di *reazione d'indotto.* Per studiarlo, scegliamo il caso più semplice, di una macchina bipolare. (Vedi figura 152).

Con la regola mnemonica citata nel paragr. 37 del Capit. IX, facilmente si ricorda che muovendosi l'indotto come è indicato in figura, i fili passanti sotto il polo N danno f.e.m. entrante (+), quelli passanti sotto il polo S danno f.e.m. uscente dal piano del disegno (.).

Il gruppo di fili che sta di fronte al polo N dà luogo ad un flusso disegnato in figura che è concorde con il flusso induttore nella metà destra della faccia polare Nord e contrario nella metà sinistra.

Il flusso risultante della faccia polare N e delle spire d'indotto innanzi a quella, sarà un flusso aumentato nella metà destra, ed indebolito nella metà sinistra.

Analogamente si vede che il flusso risultante della faccia polare Sud e delle spire d'indotto innanzi a quella, sarà un flusso aumentato nella metà sinistra, ed indebolito nella metà destra.

Il flusso non si annulla dunque più in corrispondenza del piano O O', ma si annulla in corrispondenza del piano A B ruotato rispetto al primo in avanti nel senso di rotazione dell'indotto.

E nel piano A B, dovranno dunque essere portate le spazzole, perchè quello è il piano d'inversione effettivo della dinamo sotto carico, cioè che fornisce corrente, mentre O O' è il piano d'inversione della dinamo a vuoto, cioè a circuito esterno aperto.

Lo spostamento delle spazzole portate come si è detto in avanti nel senso della rotazione dell'indotto, causa però una modificazione nel senso della corrente che percorre i conduttori compresi negli spazi interpolari, e precisamente dopo effettuato detto spostamento i fili percorsi da corrente entrante

sono quelli compresi fra i piani A A' O B, mentre gli altri conduttori sono percorsi da corrente uscente.

Tracciando per comodità di studio, un piano B' A' simmetrico del piano A B rispetto al piano O O', potremo fare quattro suddivisioni dei conduttori.

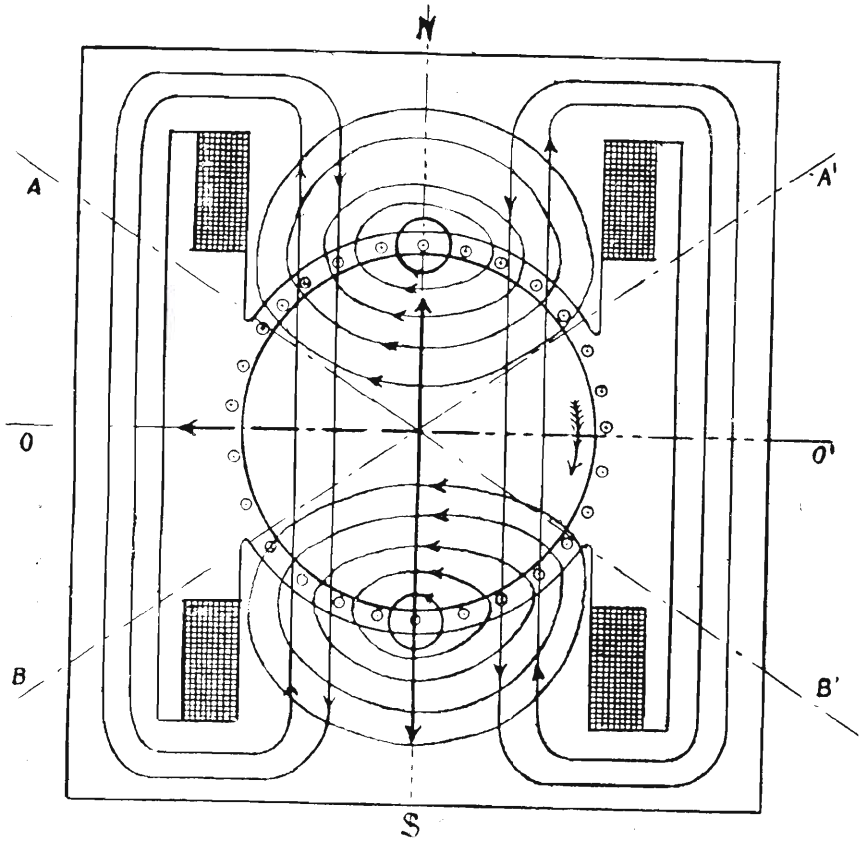


Fig. 152.

Nei due gruppi di conduttori compresi tra i piani A B e A' B' la corrente circola in modo da produrre un flusso contrario al flusso induttore. (Le linee di forza si chiudono attraverso il circuito magnetico formato dall'indotto e dall'induttore).

A queste spire che producono un flusso contrario, si dà il nome di spire contrarie o controspire.

Nei due gruppi di conduttori compresi fra i piani A A', e B B' la corrente invece circola come abbiamo già visto in modo da produrre un campo che deforma, che storce il campo induttore.

Alle spire suddette che producono questo flusso si dà il nome di spire trasverse.

Si è molto studiato di trovare rimedio a questo grave inconveniente della deformazione del flusso induttore, sperimentando forme asimmetriche di masse polari.

Ma il miglior provvedimento ideato è l'avvolgimento di compensazione. Esso è un avvolgimento (fig. 153) che alloggia in scanalature praticate nei poli induttori, parallelamente ai fili dell'indotto. Tale avvolgimento è percorso dalla corrente in modo da produrre un campo magnetico contrario e della medesima intensità di quello prodotto dall'indotto stesso. Poichè con l'aumentare della corrente fornita dalla dinamo aumenta il campo prodotto dall'indotto, è necessario aumentare analogamente il campo creato dall'avvolgimento di compensazione e ciò si ottiene ponendo detto avvolgimento in serie con l'indotto. In tal modo si evita lo spostamento delle spazzole in conseguenza della reazione dell'indotto.

Ma vi è anche un altro effetto che determina uno spostamento ancora maggiore e questo è l'effetto della selfinduzione delle spire nel momento nel quale esse passano per il piano di commutazione. La figura 154 rappresenta

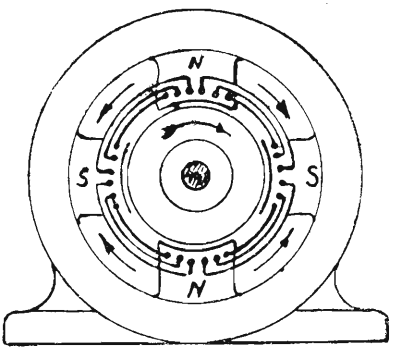


Fig. 153.

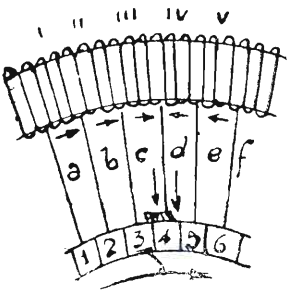


Fig. 154.

un settore del sistema indotto-collettore con i relativi collegamenti fra ogni segmento e gruppo di spire. Supponiamo che in un certo istante la spazzola positiva tocchi il segmento 4. La corrente arriva alla spazozla, da una parte, attraverso i gruppi di spire I - II - III, dall'altra per i gruppi IV - V. Un momento dopo, girando l'indotto nel senso della freccia, la spazzola dovrà

toccare insieme i due segmenti 3 e 4; allora la spirale III resta chiusa in corto circuito perchè i suoi capi terminano in 3 e 4. La corrente allora passa direttamente alla spazzola per i conduttori *c* e *d* e la spirale III è per un istante esclusa dal circuito.

Siccome tutto ciò avviene quando la spira passa per il piano di commutazione, quando cioè in essa non si produce alcuna f.e.m., può sembrare che questo sia il momento più opportuno per ottenere una buona commutazione. Ma non è così, perchè bisogna notare che, quando la spazzola abbandona la piastrina 4, la spira III passa sulla destra del piano di commutazione e, mettendosi in serie con i gruppi IV e V, viene investita repentinamente da una forte intensità di corrente diretta in senso contrario alla corrente che precedentemente l'aveva percorsa.

Questo aumento istantaneo di corrente dal valore vero al valore normale, provoca nella spirale III una f.e.m. di autoinduzione la quale ostacola tanto il passaggio di corrente da far sì che la corrente si trovi più agevole ad evitare la spira III e passare direttamente alla spazzola saltando attraverso la piastrina 4, e producendo un conseguente arco voltaico. L'arco voltaico produce il riscaldamento e l'asportazione di particelle di rame dal collettore stesso. Al susseguirsi delle piastrine sotto alle spazozle il fenomeno si rinnova continuamente e lo scintillìo aumenta sia per la temperatura sempre maggiore che assume il collettore, che per la minor resistenza offerta dall'aria così riscaldata al passaggio della corrente, con evidente rapido deterioramento del collettore stesso.

Vediamo ora quali siano i rimedi escogitati per annullare od attutire questi pericolosi inconvenienti. Un primo mezzo logico è quello di rendere possibilmente piccola l'induttanza delle spirali e ciò si ottiene facendole di poche spire, aumentando di conseguenza il numero delle piastrine del collettore. Inoltre, le spazzole si spostano in avanti, nel senso del moto dell'indotto, più di quanto non sia stato richiesto dalla reazione dell'indotto.

Infatti, come abbiamo detto, il piano di commutazione, essendo normale alla direzione del campo, rappresenta una zona nella quale non vi è influenza del flusso ed è per questo che la spirale, passando per il piano di commutazione non è sede di alcuna f.e.m. Ma se noi spostiamo le spazzole in avanti, la commutazione non avverrà più in una zona di flusso zero; questo flusso, benchè debole, sarà sensibile e di direzione tale da produrre nella spira che viene a trovarsi in corto circuito, una f.e.m. di senso eguale a quello della corrente che un istante dopo dovrà percorrerla. Se questa f.e.m. è di intensità tale da far equilibrio alla f.e.m. di autoinduzione che si desta nella spirale all'atto della commutazione, l'arco voltaico scompare.

E' chiaro che il fenomeno della commutazione è tanto più sensibile quanto maggiore è la f.e.m. di autoinduzione e quindi la corrente che percorre l'indotto. Sarà perciò necessario spostare le spazzole a seconda della variazione di questa corrente.

L'angolo del quale vengono spostate le spazzole dal piano di commutazione a vuoto, per effetto della reazione dell'indotto e per il fenomeno della commutazione, viene chiamato *angolo di calaggio*. Praticamente questo angolo si trova per tentativi; il collare porta-spazzole viene spostato fino a che lo scintillio che si verifica sul collettore e prodotto dagli archi voltaici, non scompare. E' ovvio, dopo quanto si è venuto esponendo, che l'angolo di calaggio deve essere variato a seconda che la *dinamo lavora a maggiore o minore carico*.

Per evitare, almeno in parte, lo spostamento delle spazzole dipendente dal fenomeno della commutazione, le macchine moderne hanno i *poli ausiliari od interpoli*. Essi sono piccoli poli induttori, sistemati fra i poli induttori principali (fig. 155), i quali danno luogo, in corrispondenza della mezzeria

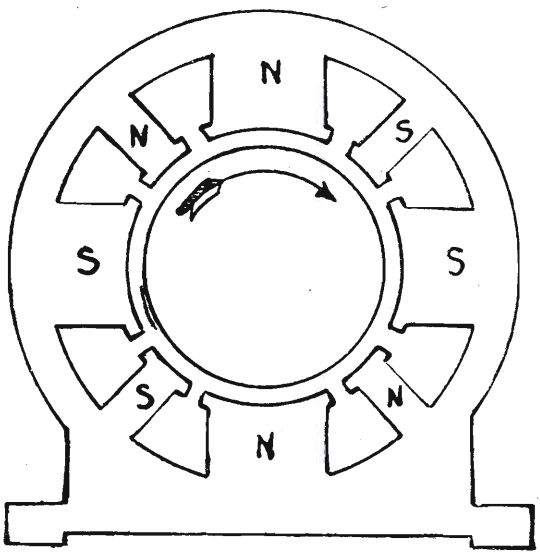


Fig. 155.

degli spazi interpolari, al campo necessario per la commutazione; a quello cioè che, poco fa, cercavamo di creare spostando le spazzole negli interpoli, per produrre nella spirale commutata una f.e.m. indotta dello stesso senso della f.e.m. e quindi della corrente che in un istante successivo percorrerà

la spira, deve essere inviata corrente in modo da produrre un campo di polarità dello stesso nome del polo immediatamente successivo nel senso del movimento dell'indotto. L'intensità del campo ausiliario deve crescere e diminuire insieme all'intensità di corrente fornita dalla macchina affinchè la commutazione si compia in condizioni favorevoli; di conseguenza il mezzo generalmente adottato per eccitare gli interpoli consiste nell'avvolgere sopra di essi alcune spire di filo, in serie con l'avvolgimento indotto.

Gli interpoli, oltre ad evitare il fenomeno della commutazione per il quale sono stati ideati, aiutano a compensare, appunto per il campo che producono e per la sua direzione, anche la reazione dell'indotto.

§ 62 — **F. E. M. indotta in un generatore**

Vediamo, prima di ogni cosa, quale sia il valore della f.e.m. indotta in una sola spira. Indichiamo con T il tempo impiegato dall'anello della fig. 138 a compiere un giro completo e con Φ il flusso totale uscente dalla faccia Nord del campo induttore. Il flusso che esce dalla faccia Nord si divide in due parti ognuna delle quali percorre una metà dell'anello e quindi facile vedere che il massimo flusso intercettato da una spira è eguale a $\Phi/2$, come il minimo è eguale a zero. Tale variazione di flusso sappiamo che ha luogo 4 volte ogni giro completo. Vale a dire che una variazione di flusso eguale a $\Phi/2$ si ha in ogni quarto di giro dell'indotto, ossia in un tempo T/4. Sappiamo che la f.e.m. indotta in una spira è rappresentata dalla variazione di flusso in un determinato tempo e sarà dunque:

$$E = \frac{\frac{\Phi}{2}}{\frac{T}{4}} = \frac{4\,\Phi}{2\,T} = \frac{2\,\Phi}{T}$$

Se ora indichiamo con n il numero dei giri che l'indotto fa in un secondo, il tempo T impiegato a compiere un solo giro dato da 1/n. Sostituendo a T il suo valore avremo:

$$e = \frac{2\,\Phi}{\frac{1}{n}} = 2n\,\Phi$$

Se N è il numero delle spire la somma delle f.e.m. indotte in tutte le spire sarà dato da:

$$e = 2\,N\,n\,\Phi$$

Ma essendo le due metà delle spire poste in parallelo, la f.e.m. risultante è quella di una sola metà e quindi:

$$e = \frac{2\,e\,N\,n\,\Phi}{2} = N\,n\,\Phi$$

Se il flusso è espresso in unità C. G. S. per avere il risultato in volts dovremo dividere per 100.000.000.

Questa formula serve per calcolare la f.e.m. tanto in una dinamo bipolare ad anello quanto in una dinamo multipolare, perchè sappiamo che anche la f.e.m. di una di tali dinamo è eguale a quella fornita dai fili utili compresi fra due piani di commutazione successivi. Vale anche per le macchine multipolari a tamburo con avvolgimento in parallelo, perchè, anche in tale tipo di macchina, i fili utili dell'avvolgimento sono divisi in un numero di parti eguale a quello dei poli, come nelle macchine multipolari ad anello.

§ 63 — **Vari tipi di dinamo - Loro comportamento Caratteristiche**

Le dinamo si dividono in tipi diversi a seconda del loro numero di poli, per cui si possono distinguere in bipolari e multipolari.

Ogni casa costruttrice ha cercato di dare al suo tipo qualche vantaggio che possa farlo prescegliere rispetto agli altri tipi in commercio.

Circa i particolari costruttivi ne abbiamo accennati alcuni durante la esposizione dei principii fondamentali; diremo ancora che il nucleo dell'indotto è formato da un pacco di lamierini di ferro dolcissimo, tagliati a disco mediante trancie. I dischi, di spessore di mm. 0,3 circa, sono isolati fra loro con vernice o con sottilissimi fogli di carta. I pacchi di dischi vengono pressati, imbullonati ed infilati sull'albero della dinamo. Tutto ciò è fatto, come abbiamo già visto, per evitare il generarsi, nella massa metallica, delle correnti parassite di Foucault. Il collettore è costituito da segmenti circolari di rame *indurito*, isolati fra loro da strati di carta, mica, ecc.

Le spazzole si facevano una volta metalliche, cioè con un mazzo di sottili lamelle di rame o di rete; attualmente si fanno con blocchetti di carbone grafitico. Questi blocchetti sono portati da una porta-spazzole e muniti di molle mediante le quali si può regolare la pressione delle spazzole stesse sul collettore. I porta spazzole sono infilati su di un braccio di ottone fissato su di un anello coassiale all'albero dell'indotto, in modo che, spostando l'anello, si spostano contemporaneamente tutte le spazzole del collettore.

Nelle distribuzioni dell'energia elettrica è in generale necessario che ai poli dei ricevitori derivati sopra un circuito esterno la corrente mantenga una d.d.p. costante oppure che l'intensità della corrente che percorre i ricevitori in serie in un circuito sia costante. Bisogna quindi che la dinamo generatrice mantenga costante la corrente erogata o la d.d.p. a seconda che gli utenti alimentari sono in serie oppure in derivazione. Nelle dinamo eccitate in serie od in derivazione la corrente si regola mediante reostati, i quali introducono in serie con l'avvolgimento induttore delle resistenze variabili che modificano il campo stesso. La manovra dei reostati può essere fatta a mano oppure automaticamente. Le dinamo ad eccitazione compound sono, entro certi limiti, autoregolatrici; nella pratica però non hanno dato quei risultati che si speravano dalla teoria ed il loro impiego è rimasto perciò limitato. In generale si preferiscono le dinamo eccitate in derivazione e le dinamo autoeccitatrici.

Praticamente importa conoscere se le dinamo, a seconda del modo nel quale sono eccitate, sono capaci di funzionare a corrente costante e f.e.m. variabile, ovvero a tensione costante e corrente variabile, ed in caso contrario a quali artifici bisogna ricorrere per ottenere la voluta regolazione. Questo studio viene eseguito mediante l'esame di speciali curve dette curve caratteristiche.

Dalla relazione $e = K\, n\, \Phi$ sappiamo che la f.e.m. di un generatore e quindi la corrente non variano solo con la resistenza del circuito esterno e dell'intensità del campo, ma anche con la velocità di rotazione della macchina. E' stato necessario rappresentare graficamente le relazioni che intercedono fra questi elementi, e si è così costruito le curve caratteristiche, diverse per ogni tipo di dinamo e rappresentanti il loro singolo funzionamento. Le caratteristiche che si possono ottenere da una dinamo sono diverse a seconda che si considerano le variazioni della f.e.m. della dinamo a circuito aperto od a circuito chiuso, oppure le variazioni della f.e.m. a circuito chiuso quando ad essa vengono aggiunte o no le relative perdite di carico interne. Le curve che così si ottengono prendono rispettivamente il nome di *caratteristica a circuito aperto, caratteristica totale a circuito chiuso e caratteristica esterna.*

Noi accenneremo brevemente alla caratteristica esterna che si ottiene quando la dinamo è già costruita, facendo funzionare la macchina alla sua velocità normale e mantenendo il circuito chiuso su di una resistenza regolabile, in modo che la corrente possa farsi aumentare da zero fino al valore massimo. Un amperometro inserito sul circuito esterno ed un voltmetro posto in derivazione ai poli della dinamo ci dànno, in ogni momento i valori delle grandezze elettriche. Come abbiamo fatto per studiare le curve dei valori di

una corrente alternata, prendiamo un foglio sul quale siano tracciati due assi a 90°. Sopra quello verticale segneremo i diversi valori della tensione ai poli della macchina e su quello orizzontale i valori della corrente nel circuito esterno. Ad ogni variazione della resistenza esterna avremo un valore della tensione ai poli ed un valore della corrente. Portando questi valori rispettivamente sugli assi avremo, per ogni coppia di valori, aa^1, bb^1, cc^1, ecc., un punto A, B, C, ecc., rappresentato dall'incontro ipotetico delle due linee, una verticale ed una orizzontale, passanti per i valori stessi (fig. 156).

Dopo aver preso molte coppie di valori uniamo con una linea continua tutti i punti di incontro. Detta curva ci darà il modo di variazione della tensione ai poli della dinamo in relazione alla variazione della corrente nel circuito esterno.

Caratteristica della dinamo ad eccitazione indipendente od autoeccitatrice (fig. 157).

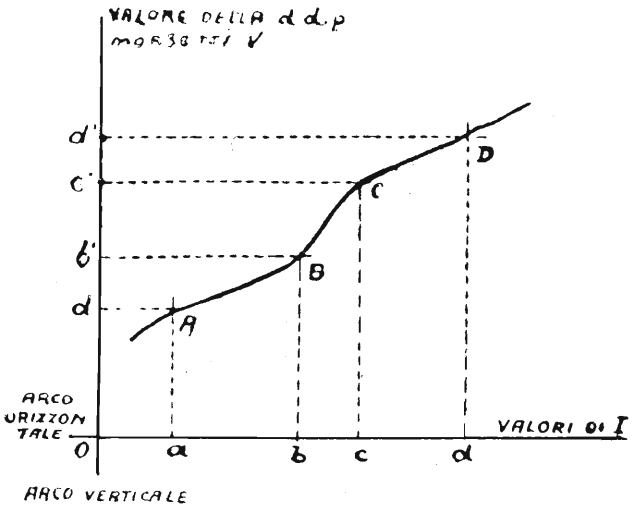


Fig. 156.

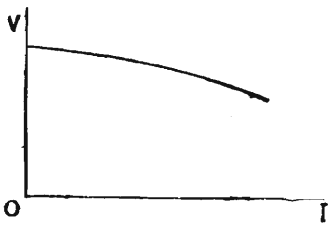


Fig. 157.

L'esame della curva ci dice che la dinamo si avvicina, almeno nel primo tratto, a dare una tensione presso a poco costante e quindi si presta per alimentare una rete di distribuzione in parallelo.

La tensione ai morsetti della dinamo è (legge di Ohm):

$$V = E - r\,I$$

dove E è la f.e.m. della dinamo, che differisce dalla tensione ai poli V della caduta di tensione dovuta alla resistenza r dell'indotto.

Col crescere della corrente nell'indotto, anche considerando r costante, si vede bene che V diminuisce.

Realmente con l'aumento della corrente che percorre l'indotto, questo si riscalda, e per questo aumento di temperatura la sua resistenza non è costante, ma aumenta, e provoca quindi al crescere della intensità della corrente, una caduta di tensione ancora maggiore.

Per mantenere costante il potenziale V, si varia la eccitazione della macchina variando la corrente nel circuito di eccitazione agendo sulla sorgente esterna che alimenta detto circuito, mediante un reostato in serie inserito sul circuito stesso.

Caratteristica della dinamo ad eccitazione in serie (fig. 158).

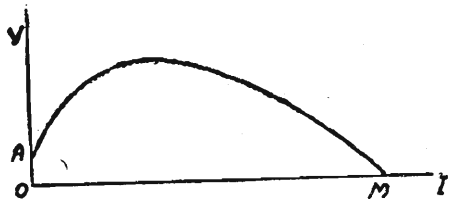


Fig. 158.

In questa dinamo la corrente di eccitazione è quella stessa del circuito esterno. Quando la macchina è a circuito aperto non vi è altro flusso induttore che quello dato dal debole magnetismo residuo. La f.e.m. risulta perciò piccola e poichè, come sappiamo la d. d. p. a vuoto ai morsetti V è eguale alla f.e.m., la d. d. p. ha il piccolo valore OA. Chiudendo il circuito su di una forte resistenza esterna e diminuendo poi gradatamente la resistenza stessa abbiamo ottenuto tanti valori delle grandezze V ed I con i quali abbiamo tracciato la curva caratteristica AM.

Dall'esame di questa si vede chiaramente che, in condizioni ordinarie, la dinamo in serie non è adatta a dare nè tensione nè corrente costanti. Tuttavia essa si presta, con la regolazione opportuna, ad alimentare un circuito a corrente costante. La dinamo in serie, fornisce una corrente che va continuamente aumentando al diminuire della resistenza esterna.

La regolazione si fa (e può anche essere automatica) inserendo in derivazione agli estremi della eccitazione, un reostato R (fig. 159). Quando il circuito esterno ha la minima resistenza e richiede quindi una piccola f.e.m. si riduce la resistenza del reostato in modo che soltanto una piccola frazione

della corrente passi per il circuito di eccitazione ed il flusso perciò sia debole. Man mano che cresce la resistenza del circuito esterno e si richiede quindi maggiore f.e.m. per mantenere la corrente costante, si inserisce maggiore resistenza nel reostato e così cresce la corrente eccitatrice.

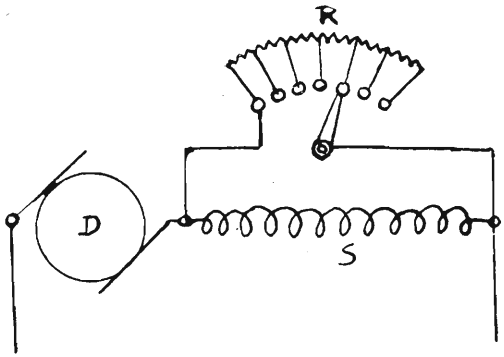


Fig. 159.

Caratteristica della dinamo ad eccitazione in derivazione (fig. 160). Riprendiamo in esame le due relazioni:

$$E = K\,n\,\phi \qquad e \qquad V = E - r\,I$$

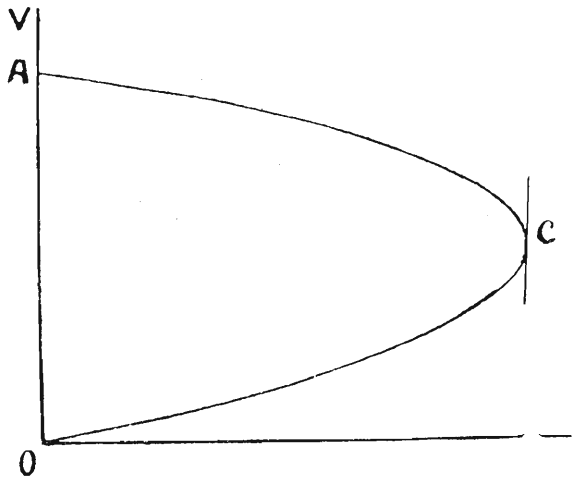


Fig. 160.

le quali ci dànno il valore della f.e.m. della dinamo e la d. d. p. ai suoi corsetti. Noi sappiamo che nella dinamo in derivazione (figura 149) la corrente fornita dalla macchina si divide nel circuito induttore e nel circuito esterno

e ciò proporzionalmente alle resistenze rispettive. Supponiamo che la resistenza del circuito esterno diminuisca; aumenterà allora la corrente erogata dalla dinamo. Ma se la resistenza esterna diminuisce, la corrente troverà più facile passaggio attraverso il circuito esterno che attraverso il circuito di eccitazione e perciò in quest'ultimo essa diminuirà, producendo una diminuzione nel flusso induttore. Questa diminuzione, unita all'aumentato effetto della reazione dell'indotto dovuto alla maggiore corrente circolante, causerà una diminuzione nella f.e.m. della dinamo provocando un abbassamento della d. d. p. ai morsetti V. Osservando infatti la curva caratteristica rappresentata nella figura 160, constateremo questo abbassamento nel tratto AC. Escludendo ancora resistenza, per quanto abbiamo sopra detto, la corrente nell'eccitazione si indebolisce maggiormente tanto che presto il flusso induttore risulta annullato dalla reazione dell'indotto ed allora la dinamo si diseccita (tratto C O della curva caratteristica).

In conclusione questo tipo di macchina si diseccita se la resistenza esterna è troppo piccola. E' chiaro che, con una regolazione opportuna, la dinamo in questione può essere utilizzata per alimentare una linea con distribuzione in parallelo. Non si presterebbe invece ad alimentare una linea con distribuzione in serie che nel tratto di caratteristica prossimo a C ma, come si vede, detto tratto è assai poco stabile. Per la regolazione si ricorre ad un reostato in serie con l'eccitazione, analogamente a quanto si è detto per la dinamo ad eccitazione separata (fig. 161).

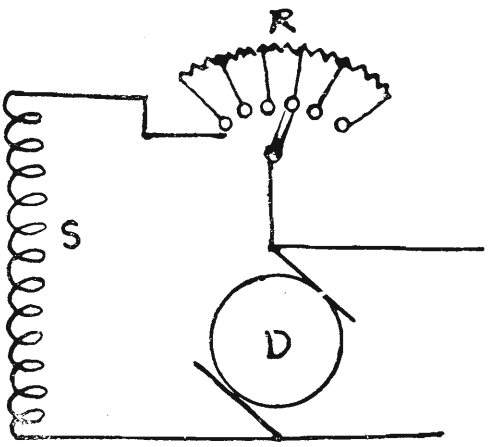


Fig. 161.

Il tipo di dinamo in parola ha il pregio, per le sue caratteristiche, di poter essere usata per *la carica delle batterie di accumulatori*.

Nell'eseguire la carica di una o più batterie di accumulatori, se per un istante, ad esempio, per una diminuzione di velocità dell'indotto, viene a ridursi la f.e.m. generata dalla dinamo fino ad essere di valore inferiore a quella della f.c.e.; m. della batteria in carica, la corrente si inverte, e nel breve periodo di tempo nel quale si mantiene la condizione suddetta, non è più la dinamo che fornisce energia agli accumulatori, ma sono questi che inviano corrente nell'indotto.

Nell'esaminare le conseguenze di questa inversione, consideriamo per primo il caso di una dinamo ad eccitazione in serie (fig. 162).

In questo caso, la corrente che si inverte nel circuito, si inverte pure nell'avvolgimento di eccitazione, producendo la inversione della polarità della macchina, che da quel momento in poi, eroga una corrente di senso opposto a quella prima erogata.

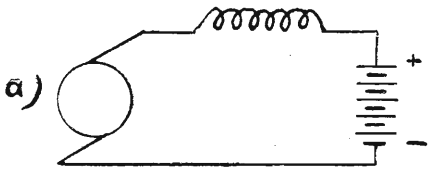


Fig. 162.

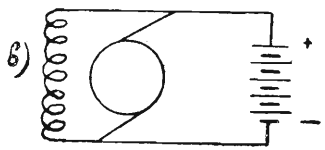


Fig. 163.

Se si considera, che la forza contro-elettromotrice degli accumulatori che prima si opponeva al passaggio della corrente, adesso invece la aumenta, si comprende come la corrente invertita possa assumere valori rilevanti (di corto circuito), causando la immediata scarica e gravi avarie agli accumulatori stessi.

Consideriamo invece il caso di una dinamo eccitata in derivazione.

Osserviamo subito che all'analogo ridursi della f.e.m. erogata dalla dinamo, la corrente si inverte nel circuito di carica, ma non nella eccitazione.

La dinamo eccita in derivazione cioè continua ad erogare corrente nello stesso senso, ed appena l'indotto compierà nuovamente il regolare numero di giri, riprenderà a caricare la batteria.

Da quanto sopra, chiaramente risulta che per effettuare la carica di batterie di accumulatori, è conveniente scegliere per generatrice una dinamo eccitata in derivazione anzichè una dinamo eccitata in serie.

Caratteristica della dinamo ad eccitazione composta.

Nella (fig. 164) sono riportate le curve caratteristiche di una dinamo in derivazione e di una dinamo in serie. Osservandole bene si vede come, facendo lavorare la macchina nel primo tratto della curva, mentre per la dinamo in derivazione la d. d. p. ai morsetti diminuisce all'aumentare della corrente, per la dinamo in serie avviene il contrario. Se allora si sovrappongono, nella stessa macchina, le due eccitazioni studiandone il modo migliore, si potrà ottenere una macchina che funzioni a tensione costante e la cui curva caratteristica sia quindi una linea orizzontale. Tale condizione si può rag-

giungere quasi in modo assoluto inserendo un reostato in serie sulla spirale di eccitazione in derivazione.

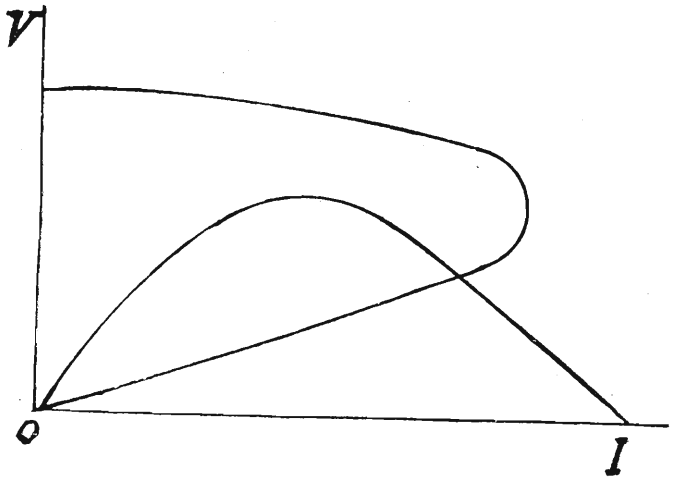


Fig. 164.

Come si vede dalla relazione $E = K\, n\, \Phi$, una variazione di velocità produce una variazione della f.e.m. della dinamo e perciò è assolutamente necessario che i motori destinati a trascinare le dinamo abbiano perfetti regolatori di velocità.

§ 64 — **Perdite - Potenza - Rendimento della dinamo**

Sappiamo bene che una dinamo per erogare energia ed alimentare un circuito esterno deve essere mantenuta in rapido movimento di rotazione per mezzo di un motore che può essere termico, idraulico, od elettrico; motore il quale applica alla dinamo una certa energia meccanica. Supponiamo di conoscere il valore della potenza di questo motore e di confrontarlo con la potenza elettrica fornita dalla dinamo al circuito esterno che è eguale *alla d. d. p. ai suoi morsetti V moltiplicata per la corrente I circolante nel circuito esterno*. Noi vedremo che la potenza spesa dal motore per mantenere in moto la dinamo è maggiore della potenza ricavata ai morsetti dalla macchina. Ciò vuol dire che nella trasformazione dell'energia meccanica in energia elettrica, si sono avute delle perdite. Elenchiamole brevemente per sommi capi: vi sono *perdite meccaniche* rappresentate dalla potenza spesa per vincere l'at-

trito dell'asse della macchina con i cuscinetti e l'attrito del tamburo con l'aria ambiente (*perdite per ventilazione*). Vi sono poi le *perdite nel ferro* che sono perdite per isteresi nel nucleo di ferro dell'indotto, il quale è sottoposto a magnetizzazione alternata nella sua rotazione di fronte alle masse polari. Queste perdite dànno luogo a riscaldamento del nucleo stesso. Vi sono inoltre le perdite dovute alle correnti parassite nel nucleo metallico dell'indotto, perdite che si rivelano, anche, sotto forma di calore.

La potenza disponibile nella dinamo, dopo queste perdite, prende il nome di *potenza elettrica totale* ed è rappresentata dal prodotto della f.e.m. della dinamo moltiplicata per la corrente circolante nel circuito esterno. Avremo perciò:

$$P_t = E\ I$$

Non tutta questa potenza però viene utilizzata nel circuito esterno perchè vi è la perdita dovuta al riscaldamento dell'avvolgimento indotto e di quello induttore se la dinamo è autoeccitatrice. Considerando una dinamo ad eccitazione separata, nella quale la potenza al circuito induttore è fornita da una sorgente esterna, indicando con r la resistenza dell'avvolgimento indotto, e con I la corrente che circola, avremo la solita ben conosciuta espressione:

$$E = V + rI \qquad \text{e moltiplicando tutto per I:}$$

$$E\ I = V\ I + r\ I^2$$

Il prodotto E I sappiamo che rappresenta la potenza elettrica totale, il prodotto V I è la *potenza utile* ed il prodotto rI^2 rappresenta la potenza consumata in calore per effetto Joule nell'avvolgimento indotto, ossia rappresenta quella che si chiama la *perdita nel rame*.

Abbiamo già detto (v. cap. III) che quando si trasforma dell'energia da una forma all'altra, il rapporto fra la potenza che si ricava e quella che si fornisce all'apparecchio, dove la trasformazione avviene, prende il nome di *rendimento*. Nelle dinamo si considerano due rendimenti e cioè quello *industriale*, dato dal rapporto fra la potenza utile e la potenza meccanica:

$$\mu = \frac{P_u}{P_m}$$

e quello *elettrico* dato dal rapporto fra la potenza utile e la potenza elettrica:

$$\mu = \frac{P_u}{P_t}$$

Nelle dinamo moderne di grande potenza il rendimento elettrico arriva fino al 97 %, mentre il rendimento industriale può giungere fino al 94 %. Il rendimento è maggiore quanto più la dinamo lavora intorno al carico massimo.

§ 65 — **Accoppiamento delle dinamo**

Dalla curva caratteristica del rendimento di una dinamo, che per semplicità tralasciamo dal considerare, risulta che la macchina funziona con rendimento tanto più elevato quanto più il carico si avvicina al valore massimo che essa può sopportare. E' facile intuire come una qualsiasi rete di distribuzione assorbe nelle 24 ore della giornata carichi differenti che dipendono generalmente dalla diversa richiesta di energia a seconda delle ore diurne o notturne, e delle ore di riposo o di lavoro delle officine ed utenti alimentati. Se la centrale elettrica possedesse una sola macchina elettrica per l'alimentazione della rete è logico che la macchina stessa dovrebbe lavorare per molte ore al giorno con cattivo rendimento per il poco carico richiesto. E' necessario quindi che una centrale elettrica abbia tutta la potenza disponibile suddivisa in un certo numero di macchine e che queste possano sommare la loro potenza, ovvero possano *accoppiarsi*, a seconda delle necessità del circuito alimentato.

Il caso delle dinamo in derivazione accoppiate in parallelo è quello che si incontra più sovente nella pratica e serve per l'alimentazione di una rete a tensione costante. La fig. 165 si riferisce a due macchine, ma è ovvio che le medesime connessioni possono estendersi ad un numero maggiore di complessi. Supponendo che la dinamo 1 sia in funzione sulla linea AB, per accoppiarvi la dinamo 2 si porta questa alla velocità normale, quindi si manovra il suo *reostato da campo* (reostato dell'eccitazione) finchè il complesso 2 non sviluppa f.e.m. eguale alla tensione della dinamo 1. Poichè la macchina 2 funziona a vuoto, la sua f.e.m. è eguale alla d. d. p. ai morsetti e quindi è indicata dal voltmetro V_2. Si può allora chiudere l'interruttore T_2 che connette la dinamo 2 alla linea; la macchina non dà corrente. Eseguito il collegamento si manovrano i reostati Re_1 ed Re_2 delle due dinamo regolando le rispettive eccitazioni in modo che il carico si ripartisca egualmente in ambedue le dinamo, se esse sono di eguale potenza, e proporzionalmente alle rispettive potenze in caso diverso. Se si chiudesse l'interruttore T_2 senza che le due macchine generino la stessa tensione ai morsetti si darebbe luogo ad erogazioni di corrente dall'una all'altra macchina, da quella a potenziale maggiore all'altra; erogazioni che potrebbero anche avere valori intensi e

danneggiare gli avvolgimenti. Infatti se la f.e.m. della dinamo che si inserisce fosse minore della d. d. p. V dell'altra, essa assorbirebbe una corrente:

$$I = \frac{V - E}{r}$$

la quale, dato il valore assai piccolo di r, potrebbe essere molto intensa anche essendo piccola la differenza V — E.

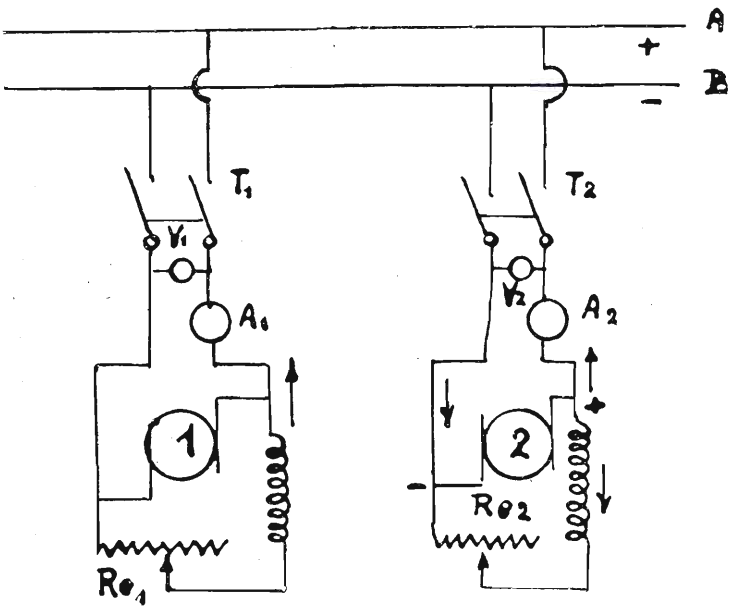


Fig. 165.

Per disinserire una macchina si fa la manovra inversa e cioè si manovra il reostato di eccitazione in modo da ridurre gradatamente quasi a zero l'intensità prodotta dalla macchina che si vuole disinserire, aumentando contemporaneamente l'eccitazione delle altre dinamo in servizio, per mantenere costante la tensione alle sbarre; quindi si apre l'interruttore principale e si ferma la macchina, mentre si diseccita il campo con l'inserire il relativo reostato.

Analogamente alle dinamo eccitate in derivazione si accoppiano le dinamo in eccitazione indipendente. Infatti per ambedue i tipi di dinamo le curve caratteristiche hanno andamento simile. L'accoppiamento in serie ed in derivazione delle dinamo eccitate in serie e lo accoppiamento in serie delle dinamo eccitate in derivazione è più laborioso e non interessa la presente trattazione perchè le dinamo in serie e gli accoppiamenti in serie non vengono generalmente usati nella R. Marina.

§ 66 — Principio degli avvolgimenti — Avvolgimenti ondulati ed embriciati — Confronti fra i vari tipi — Nozioni di bobinaggio

Considereremo in questa breve esposizione solo gli avvolgimenti per gli indotti a tamburo, essendo gli avvolgimenti ad anello ormai completamente abbandonati. Ripetiamo quanto abbiamo detto ai § § 56 e 57 e precisamente che l'idea dell'avvolgimento è nata dalla necessità di rendere la corrente generata da una macchina elettrica meno pulsante e sempre di valore superiore allo zero. Ciò si è potuto ottenere aumentando il numero delle spire e distribuendole uniformemente sull'indotto.

Quanto poi si è detto sulla dinamo con indotto a tamburo aveva solo valore di esempio per spiegare il funzionamento di una tale macchina.

Nell'avvolgimento ad anello i soli tratti attivi delle spire sono quelli disposti lungo le generatrici della superficie cilindrica esterna dell'indotto. Gli altri tratti non hanno che lo scopo di connettere fra loro i fili utili, ma non cooperano alla produzione della f.e.m. Essi tuttavia sono percorsi dalla corrente e poichè hanno una certa resistenza, provocano per questo fatto una caduta di tensione cui corrisponde una perdita per effetto Joule. Conviene quindi cercare di ridurre la lunghezza delle connessioni fra i fili attivi; in tal guisa resta ridotta la caduta di tensione interna della dinamo ed in conseguenza risulta maggiore la d.d.p. ai morsetti.

Si rimedia all'inconveniente lamentato con l'indotto a tamburo che oggi si costruisce per ogni tipo di dinamo. Negli indotti a tamburo i fili attivi sono connessi fra loro mediante conduttori che corrono lungo le basi del cilindro costituente il rotore. Consideriamo una macchina multipolare, ad esempio, tetrapolare (fig. 166). L'avvolgimento deve evidentemente essere fatto in maniera tale che le f.e.m. indotte nei vari fili attivi si sommino e quindi ciascun filo deve essere collegato con un altro filo posto ad una distanza tale da esso, che i due fili siano sempre sotto i poli di nome contrario. L'avvolgimento può essere fatto in senso progressivo, andando da un filo sotto un polo ad un filo sotto il polo di nome contrario seguente e quindi ad un filo sotto il polo dello stesso nome successivo girando sempre nello stesso senso; si ha allora un avvolgimento *ondulato*. Oppure dal polo di nome contrario si può tornare indietro al polo di partenza e si ha allora un avvolgimento *embriciato*. L'avvolgimento deve essere completamente chiuso e quindi il numero N di fili attivi distribuiti alla periferia del rotore deve essere pari. Poichè i fili vanno connessi fra loro in modo da sommare in ogni istante le loro f.e.m. il salto do-

vrebbe essere esattamente eguale al numero dei fili che si trovano in un semipasso polare, chiamando *semipasso polare* l'intervallo che separa fra loro due poli omonimi. Completeremo la definizione già data del salto dicendo che esso rappresenta il numero dei fili che si debbono contare alla periferia del rotore, a partire da un filo qualunque, per trovare il filo che con questo è collegato.

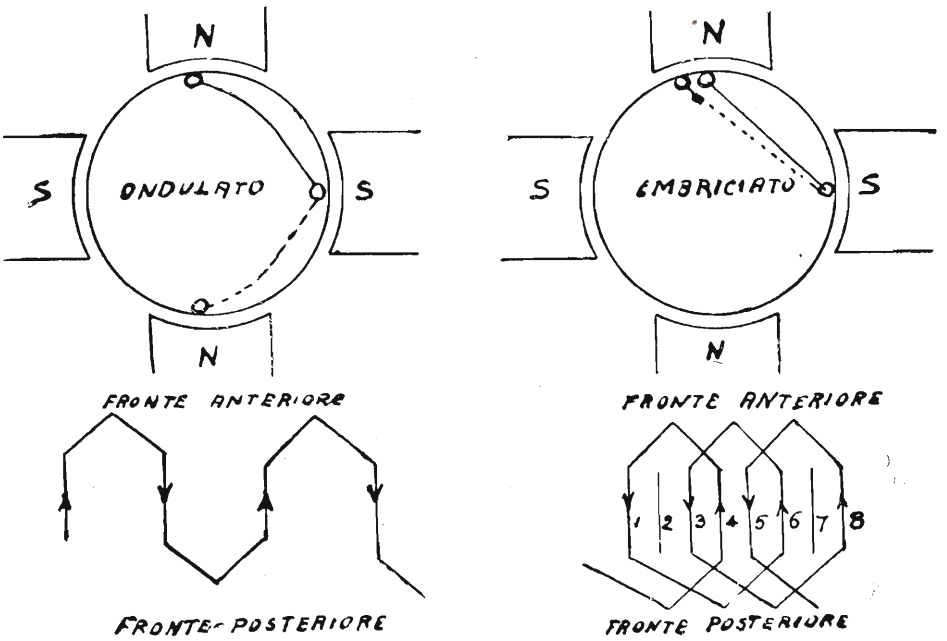


Fig. 166.

In genere esso si indica con la lettera y. Il numero dei fili che si trovano in un semipasso polare è evidentemente eguale a $\frac{N}{2p}$ dove 2 p indica il numero delle masse polari.

Ma il salto y non deve essere esattamente eguale al numero di fili che si trovano in un semipasso polare e cioè a N/2p: infatti in tal caso, se si tratta di avvolgimento ondulato, l'avvolgimento stesso si chiuderebbe dopo un solo giro di rotore; nella dinamo della figura 136 N = 12 ed il numero dei fili in un semipasso N/2p = 6. Se il salto fosse eguale a 6 avremo dopo un giro la chiusura dell'avvolgimento. Nel caso di avvolgimento embriciato poi, l'avvolgimento si chiuderebbe comprendendo solo due conduttori attivi, e senza toccare gli altri.

Bisogna quindi avvicinarsi quanto più è possibile a questa condizione senza raggiungerla, ossia bisogna fare y molto prossimo ad N/2p, ma non eguale. Riassumendo abbiamo stabilito due regole importantissime:

1° - *Il numero N dei fili deve essere pari.*

2° - *Il salto deve differire di poco da N/2p.*

Perchè l'avvolgimento sia chiuso è necessario che, partendo da un certo filo attivo su di una fronte del rotore, si finisca, dopo aver toccato tutti i fili, a quello di partenza. E' evidente come per giungere al punto di partenza si debba fare un numero intero di giri intorno al motore e siccome ad ogni giro si *contano* N fili il numero totale dei fili contati dovrà essere un multiplo di N. Da quanto abbiamo fino ad ora detto risulta inoltre che N deve essere anche multiplo del salto y e perciò questo numero totale di fili, che bisogna contare per compiere l'avvolgimento, è il *minimo comune multiplo* fra N ed y. Chiamandolo con M e se vogliamo collegare tutti i fili posti sul rotore, dovrà essere:

$$\frac{M}{y} = N \qquad \text{da cui} \qquad M = N\,y$$

Un esempio chiarirà meglio la cosa. Prendiamo in esame ancora la figura 136; in tale indotto abbiamo N = 12 ed y = 5 e quindi:

$$M = 12 \times 5 = 60$$

Infatti per arrivare a completare l'avvolgimento è facile vedere, percorrendolo tutto, come sia necessario fare 5 giri intorno all'indotto e quindi contare un totale di $5 \times 12 = 60$ fili.

Inoltre se M è il minimo comune multiplo di N ed y, N ed y devono, come ci insegna la matematica, essere primi fra loro e poichè sappiamo che N è sempre pari, y deve essere dispari.

Enunciamo allora la terza regola egualmente sostanziale:

3° - *N ed y debbono essere primi fra loro.*

Noi non ci occuperemo delle regole che si debbono applicare perchè l'avvolgimento riesca embriciato od ondulato e perchè soddisfi a determinate particolari esigenze; ci accontenteremo soltanto di considerare alcuni esempi e di vedere quali proprietà presentano i vari tipi di avvolgimenti per indotti a tamburo.

a) *Indotto a tamburo bipolare.*

Consideriamo la figura 167; l'indotto è costituito da 16 fili attivi ed il salto è eguale a 7. Le connessioni a linea piena sono del fronte anteriore, e quelle a linea punteggiata sono del fronte posteriore. Il collettore ha otto piastrine e questo è logico perchè *ogni spira, unita al collettore, è composta*

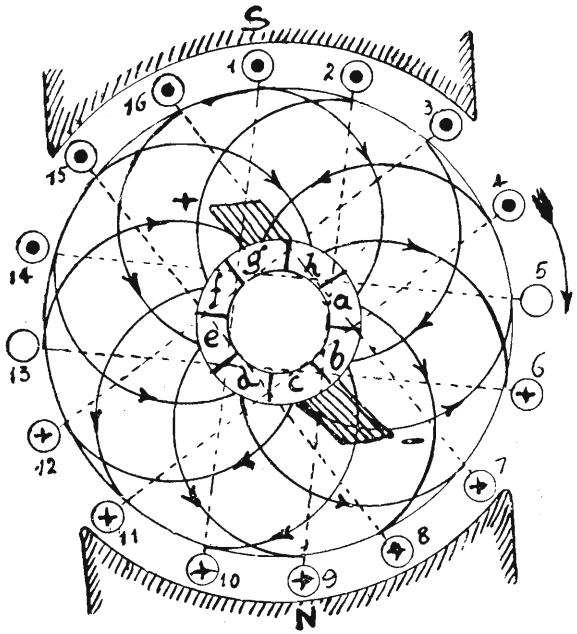


Fig. 167.

di due fili attivi. Le connessioni fra i vari fili utili sulla fronte anteriore sono unite con una delle piastrine del collettore. Segniamo, con la solita rappresentazione, la direzione della f.e.m. in ciascun filo attivo trovata mediante la regola delle tre dita. Percorriamo l'avvolgimento partendo, ad esempio, dal filo 4. Troviamo che hanno f.e.m. tutte in serie nell'avvolgimento i conduttori:

4 - 11 - 2 - 9 - 16 - 7 - 14 - 5

A questo punto la f.e.m. nell'avvolgimento si inverte e troviamo i conduttori:

12 - 3 - 10 - 1 - 8 - 15 - 6 - 13

percorsi da f.e.m. in serie ma di direzione contraria a quelle del gruppo dei conduttori precedenti.

In definitiva i fili sono connessi nell'ordine seguente:

$$+ \left\{ \begin{matrix} 4 - 11 - 2 - 9 - 16 - 7 - 14 - 5 \\ 13 - 6 - 15 - 8 - 1 - 10 - 3 - 12 \end{matrix} \right\} -$$

Si hanno così due gruppi sedi di f.e.m. eguali ed opposte; le spazzole vanno poste dove le f.e.m. cambiano direzione, ossia dove si trovano le piastrine del collettore *c* e *g* a cui sono connessi i fili 4 e 13; 5 e 12.

La dinamo considerata corrisponde quindi, perfettamente, alla dinamo bipolare ad anello della figura 140; anche per questa l'avvolgimento risulta diviso in due parti, chiamate *vie interne*, sedi di f.e.m. eguali, le quali vengono messe in parallelo mediante le spazzole. Un indotto con 16 fili attivi non sarebbe pratico perchè darebbe una f.e.m. troppo pulsante ed in realtà i fili sono molti di più.

Tuttavia l'esempio è sufficiente per mostrare alcune proprietà importanti degli indotti a tamburo. I conduttori 5 e 12, che sono in comunicazione con la spazzola negativa, sono i due a potenziale più basso fra tutti i conduttori che costituiscono l'indotto, mentre i conduttori 4 e 13 invece sono i due a potenziale più alto.

Ora si osservi ancora che i conduttori 4 e 5, vicini geometricamente, sono i più lontani elettricamente e lo stesso si può dire per i fili 12 e 13. Durante la rotazione del rotore tutte le coppie di fili contigui vengono successivamente a trovarsi in tali condizioni. Di tale particolarità, comune a tutti gli avvolgimenti a tamburo, bisogna tenere conto quando si stabilisce lo spessore della copertura isolante dei fili affinchè resista a tutta la tensione prodotta dalla dinamo. Così pure debbono essere isolate le connessioni frontali che si tagliano tutte, poichè fra esse vengono ad aversi, durante la rotazione del rotore, d.d.p. eguali alla tensione che la dinamo sviluppa.

Infine è da osservarsi che, anzichè avere un filo unico per ogni scanalatura dell'indotto, si hanno ordinariamente sulla macchina delle vere e proprie matasse, avvolte come nella figura 168 dove è rappresentata una metà dell'indotto svolta sopra un piano orizzontale. I numeri 9 - 10 - 11, ecc., rappresentano le scanalature dove sono alloggiate le matasse.

Dal conduttore 12 si va al conduttore 3, poi, anzichè andare al conduttore 10 toccando la piastrina *b* del collettore, si torna alla scanalatura dove è il conduttore 12, ponendovi un secondo conduttore 12′, poi alla scanalatura 3 ponendovi un secondo conduttore 3′ e così via facendo una vera e propria matassa composta di un certo numero di fili attivi; si passa infine alla piastrina *b* da cui si va al conduttore 10, avvolgendo quindi una seconda matassa, ecc.

b) *Indotti multipolari a tamburo.*

Consideriamo la dinamo tetrapolare della figura 169 nella quale N = 24 ed i salti sono diversi per il fronte anteriore e per quello posteriore. Chiamandoli rispettivamente y_1 ed y_2 sia $y_1 = 5$ ed $y_2 = 7$. Inoltre il salto ante-

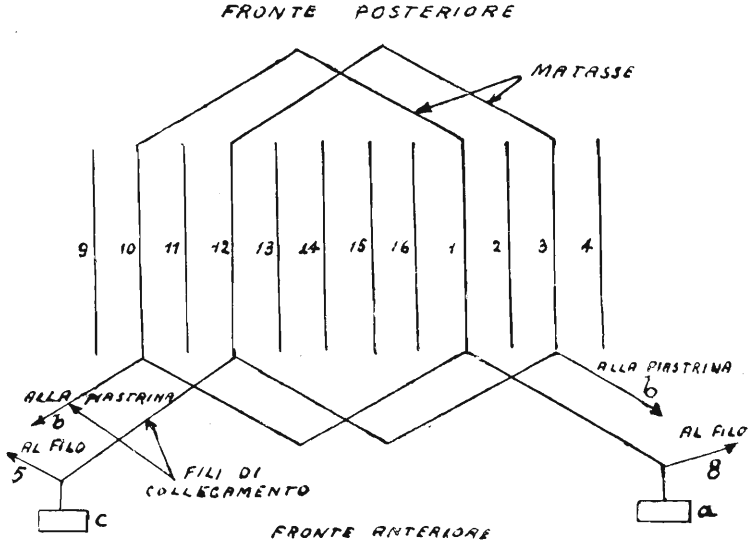


Fig. 168.

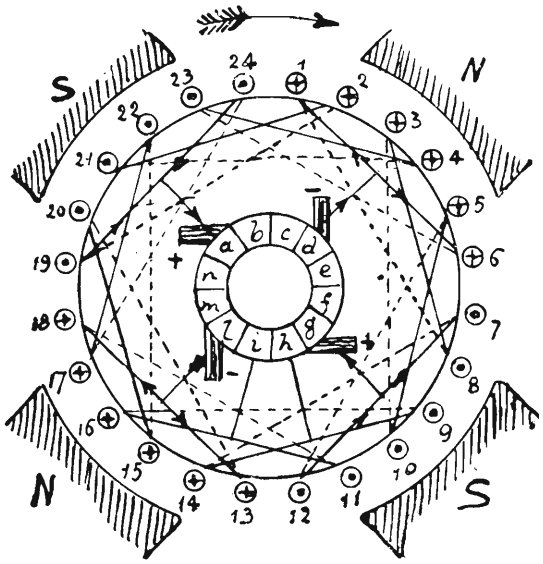


Fig. 169.

riore è fatto nel senso della rotazione delle lancette dell'orologio ed il salto posteriore in senso contrario. L'avvolgimento è quindi *embricato*. Percorriamo l'avvolgimento partendo, ad esempio, dal filo 1 e noteremo quattro inversioni nel senso delle f.e.m. Troveremo in definitiva i quattro gruppi:

$$+ \begin{cases} 6 - 23 - 4 - 21 - 2 - 19 \\ 13 - 20 - 15 - 22 - 17 - 24 \\ 18 - 11 - 16 - 9 - 14 - 7 \\ 1 - 8 - 3 - 10 - 5 - 12 \end{cases} -$$

ciascuno dei quali è costituito da f.e.m. elementari in serie; la f.e.m. si inverte da gruppo a gruppo. E' evidente che le spazzole si debbono collocare in corrispondenza di quelle connessioni dove avviene l'inversione della f.e.m.; le spazzole positive dovranno quindi essere poste dove sono le piastrine *a* e *g* che comunicano con i fili 19 e 24, 7 e 12 rispettivamente; mentre le due spazzole andranno poste dove sono le piastrine *d* ed *l* che comunicano con i fili 1 e 6, 13 e 18, rispettivamente.

La dinamo considerata ha un numero di vie interne eguale al numero dei poli, ed in questo caso prende il nome di *dinamo con avvolgimento in parallelo*.

L'avvolgimento embricato è sempre un avvolgimento in parallelo, mentre l'avvolgimento ondulato può essere in parallelo, come nel caso precedente, ed anche in serie. Si chiamano dinamo con *avvolgimento in serie* quelle che hanno due sole vie interne pure essendo multipolari; che hanno cioè un avvolgimento che richiede due sole spazzole, qualunque sia il numero dei poli, precisamente come avviene nelle dinamo bipolari.

Esaminiamo, ad esempio, l'avvolgimento della figura 170. Esso si riferisce ad una dinamo a sei poli (esapolare) con 40 fili attivi. Il salto, su ambedue le fronti, è eguale a 7. Partendo dal filo 30 si trova che sono percorsi da f.e.m. in serie i fili:

30 - 23 - 16 - 9 - 2 - 35 - 28 - 21 - 14 - 7 - 40 - 33 - 26 - 19 - 12 - 5 - 38 - 31 - 24 - 17 - 10 - 3

qui la f.e.m. si inverte e si incontrano fili con f.e.m. di direzione contraria a quella prima trovata. Essi sono:

36 - 29 - 22 - 15 - 8 - 1 - 34 - 27 - 20 - 13 - 6 - 39 - 32 - 25 - 18 - 11 - 4 - 37.

Le spazzole vanno messe in corrispondenza delle connessioni dove la f.e.m. cambia segno, ossia la positiva fra 3 e 36 e la negativa fra 30 e 37. Come in tutti gli avvolgimenti a tamburo, fra i fili contigui si hanno diffe-

renze di potenziale che raggiungono il valore della tensione totale fornita dalla dinamo. Siccome in questi indotti la f.e.m. è sempre molto elevata, perchè sono messe in serie le f.e.m. di metà dei fili attivi (si ricorre infatti alle connessioni in serie per avere delle grandi f.e.m.), si richiede per i suddetti avvolgimenti un isolamento assai accurato.

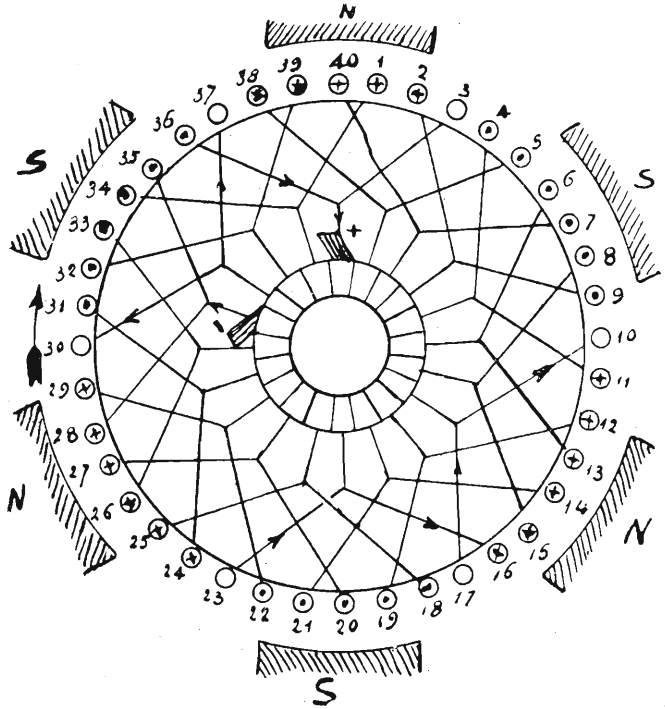


Fig. 170.

Oltre agli avvolgimenti in parallelo ed in serie si possono avere i cosidetti *avvolgimenti misti*. Per questi ultimi il numero delle vie interne è minore di quello dei poli e maggiore di due.

Concludendo:

Gli avvolgimenti ondulati possono essere in serie, in parallelo e misti; gli avvolgimenti embriacati sono sempre avvolgimenti in parallelo, hanno cioè un numero di vie interne eguale o maggiore del numero dei poli.

Spesso nelle macchine generatrici di elevata potenza cause accidentali di varia natura fanno sì che le f.e.m. indotte nelle varie vie interne non siano rigorosamente eguali; in questo caso si producono correnti locali, o correnti di circolazione, che si chiudono attraverso lo avvolgimento ed, almeno in

parte, passano per le spazzole, accrescendo così la difficoltà della commutazione. Allora si può, senza turbare affatto il funzionamento della dinamo, riunire elettricamente le piastrine opposte del collettore. Simili connessioni permanenti non possono nuocere perchè i punti connessi fra loro, essendo situati sempre identicamente rispetto ai poli dello stesso nome da cui entrambi si allontanano od a cui entrambi si avvicinano, sono sempre allo stesso potenziale. Dette connessioni prendono il nome di *connessioni equipotenziali*. Esse aprono alle correnti di circolazione un passaggio indipendente dalle spazzole migliorando la commutazione.

A seconda delle varie esigenze richieste alla macchina si può scegliere uno oppur l'altro degli avvolgimenti, tenendo presente che:

La dinamo con avvolgimento in serie sviluppa una f.e.m. che è eguale a p volte la f.e.m. di una dinamo eguale ma con avvolgimento in parallelo.

La dinamo con avvolgimento in parallelo sviluppa una corrente che è eguale a p volte la corrente di una eguale dinamo con avvolgimento in serie.

Con p si indica il numero delle coppie di poli.

In relazione alla potenza però diremo che:

Comunque sia fatto l'avvolgimento dell'indotto, a parità di altre condizioni, la potenza che si ricava dalla dinamo è teoricamente la stessa. Nella pratica di bordo capita sovente la necessità di dover *rifare* l'avvolgimento o, come si suol dire, di *bobinare* piccoli indotti di ventilatori, motorini per torni, estrattori, ecc.

Prima di iniziare questo lavoro bisogna formarsi un concetto ben chiaro del sistema di avvolgimento dell'indotto o della sezione da sostituire. Occorre perciò, nello smontare il filo da sostituire, tenere nota del modo con il quale esso è collocato sull'armatura procurando di stabilire con chiarezza il tipo dell'avvolgimento, il passo sia anteriore che posteriore, il numero di spire di cui è composta una matassa, il numero delle piastrine del collettore che si trovano fra il principio e la fine di ogni matassa, e prepararsi quindi una tabella di tutti questi dati ed uno schema dell'avvolgimento da eseguire.

Il filo di rame di ricambio deve essere dello stesso diametro di quello vecchio, deve essere ben isolato con doppia fasciatura di cotone ed avere un alto grado di conducibilità. Non si devono adoperare fili di rame crudo o già usati, aventi per conseguenza delle piegature.

Per ricambiare una o più sezioni, si monta l'armatura su due solidi cavalletti, in modo che possa girare, quindi si segano le legature trasversali prendendo nota del modo con cui sono fatte e del posto che occupano.

Se il sistema di avvolgimento lo rende possibile si tolgono soltanto le

sezioni difettose, dissaldandone prima gli estremi dal collettore e facendo un pro-memoria della maniera con la quale erano collegate.

Si taglia quindi una lunghezza di filo nuovo un poco maggiore di quella del filo di una sezione già smontata; si puliscono bene le superfici o scanalature dei nuclei , e poi si ricoprono con nastro isolante; se lo spazio è sufficiente si adoperano anche sottili striscie di cotone paraffinato o lamine di micanite.

Si può quindi cominciare l'avvolgimento delle sezioni badando che il filo di rame non deve mai poggiare direttamente sul ferro.

E' necessario collocare il filo sulla superficie del nucleo, ben disteso, perciò, se il conduttore è grosso e riesce difficile di tirarlo a mano, si dovrà raddrizzare battendolo leggermente su di un piano con una mazzuola ed obbligandolo ad occupare la posizione giusta con una zeppa di legno sulla quale si batterà leggermente con la mazzuola.

Terminato l'avvolgimento si prova l'isolamento di ciascuna sezione con il metodo indicato più avanti nel capitolo XVIII, § 88, comma 8-c, quindi si fissano i fili al collettore e si verifica poi se la corrente passa regolarmente e se l'isolamento si è mantenuto perfetto.

Si possono allora verniciare tutti gli strati dei conduttori con due mani di vernice sterling ed eseguire le legature trasversali come erano fatte precedentemente.

In generale queste legature si eseguono così: Si prepara sotto ciascuna legatura uno strato di fogli di mica o di cotone isolante un poco più largo della legatura stessa e su questo strato si avvolge del filo di cotone crudo o meglio packfong, del diametro da 0,5 mm. a 1,5 mm. secondo le dimensioni dell'indotto, badando che il filo resti ben teso e che le spire si avvolgano in perfetto contatto l'una con l'altra.

Quando la legatura ha acquistato la larghezza voluta (da 1 a 3 cm.) si saldano le estremità per fissarle, poi si fa squagliare dello stagno con un saldatoio su sutta la larghezza e lunghezza della fasciatura, avviando i fili con un pennello poco bagnato nell'acido, evitando che questo sgoccioli sullo avvolgimento indotto. Terminato tutto il lavoro si farà essicare lentamente l'armatura tenendola alcune ore ad una temperatura di circa 100°.

Un lavoro di bobinaggio, quando si tratta di piccoli indotti, non è difficile ma richiede sopratutto diligenza e pazienza. Uno sbaglio anche lieve, una dimenticanza può rendere inutile il lavoro di molte ore. Circa le avarie a cui vanno soggetti maggiormente gli indotti parleremo nel capitolo XIII e per le avarie solite degli indotti delle dinamo parleremo nel capitolo XVIII.

CAPITOLO XIII

Motori a corrente continua

§ 67 — Reversibilità delle dinamo - Coppia motrice Forza controelettromotrice - Velocità dei motori elettrici

Come abbiamo detto nel capitolo precedente, parlando sulle generalità delle macchine elettriche, ogni macchina può servire sia da generatore che da motore. Le macchine elettriche sono cioè *reversibili*. Prendiamo, ad esempio, la dinamo bipolare della figura 140 e supponiamo di connettere la spazzola superiore con il suo negativo. La corrente entra nell'avvolgimento indotto per la spazzola inferiore, passa alla piastrina corrispondente del collettore, si suddivide in parti eguali fra i due mezzi avvolgimenti di sinistra e di destra e ritorna al generatore per la spazzola superiore. La corrente percorre l'avvolgimento nel senso indicato dalle freccie. Ricordando quanto si è detto parlando delle azioni magnetiche delle correnti elettriche, sappiamo che la corrente stessa, circolando nei due mezzi avvolgimenti genera due campi magnetici uguali sia per il solenoide costituito dal mezzo indotto di destra, quanto per quello corrispondente al mezzo indotto di sinistra rispetto al piano di commutazione. Ogni polarità dei campi magnetici prodotti dalla corrente circolante nell'indotto, reagisce con le polarità del campo induttore e fra queste polarità avvengono attrazioni e repulsioni le quali, a causa della simmetria dell'avvolgimento e del campo induttore, formano tante coppie le quali ammettano una risultante chiamata *coppia motrice* che tende a far ruotare l'indotto rappresentato in figura 140 nel senso contrario a quello delle lancette di un orologio. La direzione di questo moto è contraria a qualla secondo cui si sarebbe dovuta far ruotare la macchina nel suo funzionamento come dinamo, affinchè, con la medesima polarità degli induttori, fornisse una corrente della stessa direzione di quella che noi abbiamo mandato nell'avvolgimento.

Ci possiamo riferire ora ad un caso più generale e considerare, per esempio, la macchina multipolare delle figure 169 e 170. Se noi deriviamo una di queste macchine tra i fili di una linea, in modo che la corrente entri dalle due spazzole segnate come negative ed esca dalle spazzole segnate come positive, la corrente circola negli avvolgimenti come è indicato dai punti e dalle crocette messe su ciascun filo utile, cioè come circolava nella macchina funzionante da dinamo, ma il rotore ruota in senso contrario. Il senso del moto di un motore si può facilmente ricavare ricordando la regola detta della mano sinistra, perchè si usa appunto la mano sinistra disponendo pollice, indice e medio ad angolo retto fra loro ed orientando il dito medio nella direzione del campo e l'indice nella direzione della f.e.m. Il pollice rivela il senso del moto.

Quanto si è detto si può estendere a tutte le macchine a corrente continua e si può dire in generale che, se si lancia ad una macchina a corrente continua, una corrente che percorra l'indotto in un certo senso, questa funziona come motore e *ruota in senso contrario a quello nel quale ruoterebbe funzionando come dinamo ed avendo l'indotto percorso da corrente nello stesso senso.*

Dalle figure già considerate si vede come, invertendo la polarità negli induttori e contemporaneamente la direzione della corrente nel rotore, il motor gira sempre nello stesso senso, mentre, invertendo la sola corrente o la sola polarità degli induttori, *il motore cambia il senso della rotazione.*

Quando il motore è in moto, l'avvolgimento indotto ruota in un campo magnetico tagliandone le linee di forza e quindi diviene sede di una f.e.m. indotta; sotto questo riguardo l'indotto funziona come un generatore di corrente e perciò la direzione di questa f.e.m. indotta è *opposta* a quella della corrente che fa funzionare il motore, come si può verificare applicando la regola di Fleming della mano destra (v. paragr. 37 del cap. IX). La f.e.m. indotta, avendo senso contrario alla corrente che circola nell'indotto, è anche opposta alla tensione applicata ai morsetti e ne ostacola l'azione. Questa f.e.m. indotta prende il nome di *forza controelettromotrice* del motore, ed è espressa dalla relazione (cap. XII):

$$e = n\,N\,\Phi$$

La d.d.p. alle spazzole del motore V, diminuita della f.e.m. e deve far equilibrio alla caduta di tensione nell'indotto, ossia:

$$V - e = r\,I$$

se r è la resistenza interna presentata dall'indotto ed I è la corrente che vi circola. Da questa relazione si ha:

$$V = e + rI \qquad \text{da cui} \qquad I = \frac{V - e}{r}$$

formula che ci dà il valore della intensità di corrente assorbita dal motore.

Si comprende che la f.c.e.m. non può mai eguagliare la d.d.p. ai morsetti; infatti, se questo avvenisse, I si annullerebbe ed il motore cesserebbe di ruotare, ma risulta molto prossima al valore della d.d.p. alle spazzole, essendo la r piccolissima.

Abbiamo detto che quando il rotore di una macchina ruota in un campo magnetico, sia che essa funzioni da generatore o da motore, diviene sede di una f.e.m. indotta. In entrambi i casi le correnti che circolano nei fili utili generano un campo che reagisce con il campo induttore.

Se la macchina funziona da generatore, ossia se mediante l'applicazione di una potenza meccanica al suo asse la costringiamo a ruotare, la f.e.m. indotta e la corrente generata hanno la medesima direzione, la dinamo fornisce corrente al circuito esterno ed ai suoi morsetti si ha una d.d.p. che è eguale alla f.e.m. generata diminuita della caduta di tensione interna. Si ha cioè la ben conosciuta relazione: $V = E - r\,I$. Il campo generato dalla corrente circolante nell'indotto, reagendo con il campo induttore dà luogo ad una *coppia resistente* che si oppone al movimento dell'indotto e fa equilibrio alla coppia motrice applicata sull'asse della macchina.

Se la macchina funziona come motore, ossia se noi le inviamo corrente mediante una qualunque sorgente di energia elettrica, la f.e.m. indotta ha direzione contraria a quella della corrente fornita e la d.d.p. esistente ai morsetti della macchina deve fare equilibrio a questa f.e.m. aumentata dalla caduta di tensione interna. La f.e.m. si chiama in tal caso, come già sappiamo, forza controelettromotrice e si ha la relazione già riportata: $V = e + r\,I$. La reazione del campo generato dalla corrente che percorre l'indotto con il campo induttore, dà luogo ad una coppia che produce il movimento dell'indotto e prende il nome di *coppia motrice*. La coppia motrice deve essere equilibrata dalla coppia resistente del macchinario che l'indotto stesso trascina.

Dalla relazione che ci dà la f.c.e.m. di un motore:

$$e = n\,N\,\Phi \qquad \text{si ha:} \qquad n = \frac{e}{N\,\Phi}$$

dove N è costante; sostituendo ad e il valore $V - r\,I$ si ha:

$$n = \frac{V - r\,I}{N\,\Phi}$$

formula che ci dice che *il numero dei giri al secondo fatto dalla macchina è direttamente proporzionale alla f.e.m. indotta nel rotore a forza controelettromotrice, ed inversamente proporzionale al flusso uscente da un polo.* Vedremo in seguito, trattando dei vari tipi di motori, come si può farne variare la velocità.

§ 68 — **Reazione di indotto - Posizione delle spazzole**

Senza analizzare il fenomeno della reazione dell'indotto, fenomeno del tutto analogo a quello presentatosi per le macchine generatrici, affermiamo che nel motore, come nella dinamo, quando in esso si manda corrente, la corrente stessa produce un campo magnetico il quale si compone con il campo magnetico induttore modificandone il valore e la distribuzione. Inoltre la commutazione, ossia l'effetto della auto-induzione delle spire nel momento nel quale esse passano per il piano di commutazione, produce il caratteristico e dannoso scintillìo al collettore. Reazione di indotto e commutazione obbligano a spostare le spazzole, rispetto all'asse neutro, di un certo angolo, detto *angolo di calaggio*. Si dimostra però che questo angolo va preso in senso contrario a quello del moto del rotore, mentre, *ricordiamo bene*, nelle dinamo le spazzole venivano spostate nel senso del moto dell'indotto. Lo spostamento varia con il valore della corrente assorbita dal motore.

Nelle macchine moderne i due fenomeni si combattono, come abbiamo già visto fare per le dinamo, mediante gli *avvolgimenti compensatori* ed i *poli ausiliari* con i quali non esiste più la necessità di variare la posizione delle spazzole con il variare del carico.

§ 69 — **Vari tipi di motori - Loro comportamento**

Ci proponiamo ora di vedere come si comportano i motori a seconda che il loro funzionamento è *stabile* o *instabile*, ed a seconda del loro tipo di eccitazione, supponendo che essi siano alimentati a tensione costante, il che, quasi sempre, si presenta in pratica.

Ricordiamo che un motore ed il macchinario che esso trascina sono in equilibrio quando la coppia motrice C del primo eguaglia la coppia resistente C′ del secondo. Se la coppia resistente C′ aumenta in modo da diventare maggiore di C, l'equilibrio non esiste più ed il complesso rallenta. Se il motore rallettando può dare una coppia motrice C_1 maggiore, tale che sia

$C_1 = C'$, esso trova nuovamente l'equilibrio ad una velocità però minore della prima. Inversamente, se la coppia resistente diminuisce, il complesso accelera l'andatura e se il motore accelerando dà una coppia motrice minore, in modo da fare equilibrio alla nuova coppia resistente, esso si troverà sempre in condizioni di marcia equilibrata, ad una velocità, però, maggiore della prima.

In tale caso il funzionamento del motore è *stabile*. Più brevemente diremo che un motore ha andamento stabile quando col crescere della velocità la coppia motrice diminuisce.

Ma se invece il motore è tale che la sua coppia motrice aumenta e diminuisce con l'aumentare ed il diminuire della velocità, il suo funzionamento dicesi instabile. Difatti in questo caso ad un rallentamento, derivante da aumento della coppia resistente, corrisponde una diminuzione della coppia motrice; cresce allora la differenza fra coppia motrice e coppia resistente ed il complesso rallenta sempre più, fino a fermarsi, non avendo trovato a nessuna velocità, per quanto piccola, un valore di coppia motrice eguale a quello della coppia resistente. Analogamente avverrebbe nel caso che si avesse una diminuzione della coppia resistente; allora il complesso accelererebbe l'andatura fino a raggiungere velocità pericolose che potrebbero causare anche lo sfasciamento dell'avvolgimento indotto.

Queste condizioni di funzionamento ci sono rivelate dalle *curve caratteristiche* dei motori, curve che, a somiglianza di quanto è stato esposto per le dinamo, si tracciano in relazione al funzionamento della macchina. Le curve caratteristiche dei motori si fanno in funzione della coppia motrice e della velocità dell'indotto.

Esse sono diverse a seconda del tipo di motore, a seconda cioè che il motore ha l'eccitazione in serie (motore in serie) oppure l'eccitazione in derivazione (*motore in derivazione*). Le figure 171 e 172 rappresentano rispettivamente un motore in serie ed uno in derivazione con le loro rispettive caratteristiche.

Osserviamo il comportamento di questi due tipi di motore ed il risultato a cui si giunge dall'esame delle loro caratteristiche.

Prima ancora però dobbiamo riportare una formula importante, formula che ci dà il valore della coppia motrice e che ci dimostra (noi per semplicità ne omettiamo la dimostrazione) essere:

$$C = K\, I\, \Phi$$

dove Φ rappresenta il flusso induttore, I la corrente nell'indotto e K un fattore costante. Questa formula dice cioè che la coppia motrice dipende ed è proporzionale al valore del flusso ed a quello della corrente.

Motore con eccitazione in serie (fig. 171):

Riprendendo le tre formule:

$$(1)\ I = \frac{V - e}{r}\ ;\ (2)\ C = K\,I\,\Phi\ ;\ (3)\ n = \frac{V - r\,I}{N\,\Phi}$$

osserviamo che non appena si applica al motore la tensione V costante, non essendovi f.c.e.m. (perchè il motore è fermo), la corrente acquista subito il valore massimo dato da $I = V/r$ (1), sia nell'indotto che nell'eccitazione e quindi anche Φ è massimo. La coppia motrice all'avviamento assume dunque

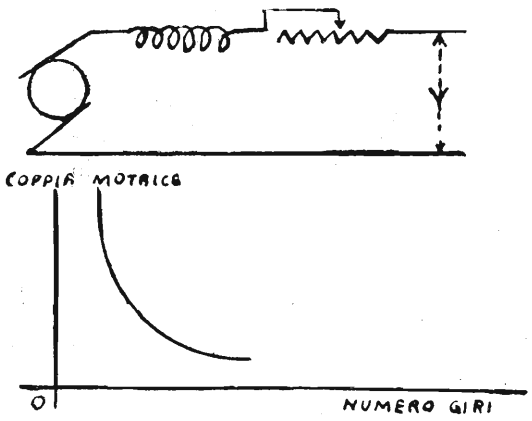


Fig. 171.

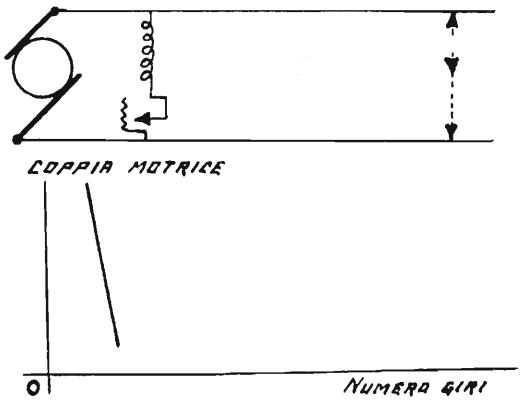


Fig. 172.

un valore molto elevato. Se durante il funzionamento aumenta la velocità, la corrente e l'intensità del flusso induttore diminuiranno (3) e con loro la coppia motrice (2); mentre inversamente accade se il motore rallenta. Quindi l'andamento del motore in serie è *stabile* e per di più sviluppa una notevole coppia motrice all'avviamento. Inoltre dall'esame della sua caratteristica si osserva che detto motore aumenta e diminuisce di velocità a seconda che il carico diminuisce od aumenta e quindi esso non richiede dalla linea alimentatrice grandi sbalzi di potenza. Per queste sue particolari proprietà il motore in serie è il motore tipico per la trazione tranviaria. Ma d'altra parte la sua velocità ampiamente variabile al variare, anche di poco, della coppia motrice rappresenta un inconveniente sensibilissimo per quasi tutte le applicazioni di bordo (compressori, elevatori, ecc.) per le quali è d'uopo ricorrere al motore in derivazione.

Il motore con eccitazione in serie non si presta a marciare a vuoto perchè in tal caso la velocità può crescere fino allo sfasciamento del motore stesso (1); perciò è applicato a quei macchinari nei quali la coppia resistente non manca mai ed ha anche poche variazioni (pompe, ventilatori, ecc.).

Motore con eccitazione in derivazione (fig. 172):

Ricordando le tre formule sopracitate, vediamo come in questo tipo di motore, essendo costante la tensione di alimentazione, risulta pure costante la corrente nella spirale di eccitazione. Il motore si avvia con una coppia motrice elevata perchè, come in quello in serie, essendo all'avviamento nulla la f.c.e.m., l'intensità I nel rotore è massima; però il flusso degli induttori non avrà mai un grande valore e quindi la coppia motrice non sarà mai alla messa in moto così elevata come nel motore in serie. Inoltre dall'osservazione della caratteristica si rileva come assai poco vari la velocità al variare della coppia motrice. Questo motore si presta quindi per azionare macchinari soggetti a frequenti variazioni di carico (compressori, elevatori, alzaceneri, ecc.).

Un altro tipo di motore, che non ha però applicazioni pratiche a bordo delle navi è il:

Motore con eccitazione indipendente (fig. 173).

In questo motore il flusso Φ si mantiene sempre costante e perciò la coppia motrice non dipende che dalla corrente che percorre l'indotto. All'av-

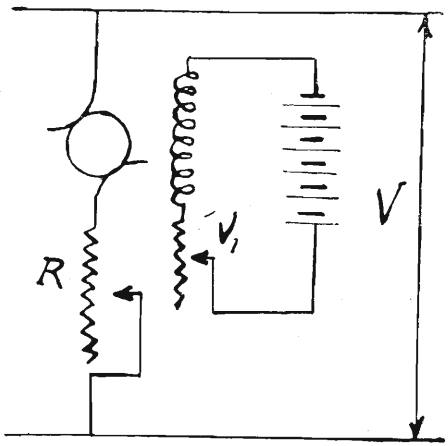


Fig. 173.

viamento, non essendovi f.c.e.m. nel rotore, si stabilisce in esso la corrente massima ed il motore si avvia con la coppia motrice massima corrispondente alla eccitazione data. Durante il funzionamento, al crescere del carico, ossia della coppia resistente, il motore rallenta, la f.c.e.m. diminuisce, la corrente

nell'indotto aumenta e così pure la coppia motrice che aumenta proporzionandosi al maggior carico. Se il carico diminuisce, la velocità aumenta, la f.c.e.m. cresce e quindi diminuisce la corrente nell'indotto e con essa la coppia motrice. Il funzionamento è quindi stabile.

§ 70 — **Avviamento - Inversione del moto - Frenatura Variazioni di velocità**

Poichè, all'atto di avviare un motore a corrente continua, esso non sviluppa f.c.e.m., la corrente assorbita dal motore espressa dalla relazione $I = V/r$ può essere tanto intensa da danneggiare l'avvolgimento del rotore che è calcolato per una intensità corrispondente al funzionamento normale. E' quindi necessario disporre di una resistenza in serie con l'indotto che dicesi *reostato di avviamento*; essa va tutta inserita all'atto dell'avviamento ed esclusa poi lentamente, man mano che il motore aumenta di velocità (figg. 173 - 174 - 175).

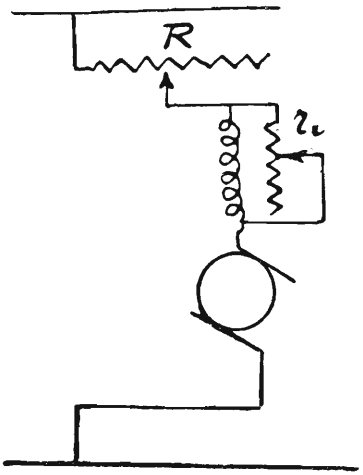


Fig. 174.

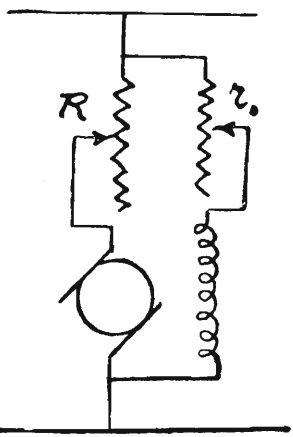


Fig. 175.

Per invertire la marcia di un motore basta invertire la corrente nell'eccitazione o nell'indotto. Siccome l'inversione della corrente di eccitazione porta ad invertire la polarità degli induttori, si preferisce invertire la corrente nell'indotto.

Si può arrestare un motore elettrico interrompendo la corrente ad esso fornita dal circuito esterno e, nel caso del motore ad eccitazione in deriva-

zione, si può interrompere corrente al solo indotto. Con questo mezzo però il motore si arresta lentamente a misura che, per le resistenze passive, viene spenta l'inerzia degli organi in movimento, mentre spesso occorre che il motore si fermi in un tempo molto breve e qualche volta anche che l'arresto avvenga bruscamente. Ciò si ottiene chiudendo gli elettromotori in corto circuito.

Consideriamo (fig. 176) un motore in derivazione; supponiamo che la corrente circoli nel senso delle piccole frecce e che l'indotto ruoti nel senso delle frecce grandi. Allorchè vogliamo arrestarlo, non solo interrompiamo il circuito dell'indotto ma chiudiamo questo in corto circuito su sè stesso, riunendo fra loro le due spazzole.

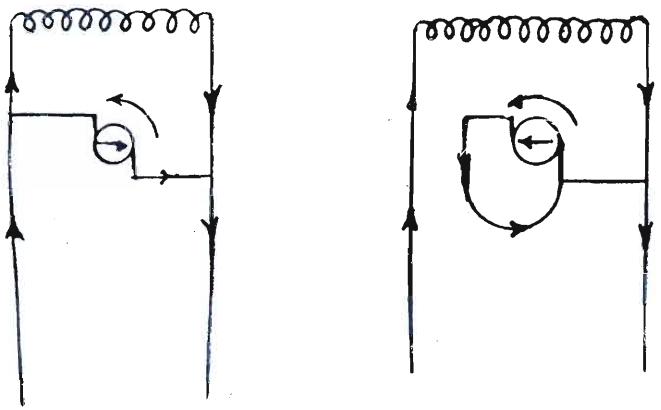


Fig. 176.

Abbiamo detto che nel movimento dell'indotto si sviluppa una f.c.e.m. di direzione contraria alla corrente che alimenta il motore. Quando si apre il circuito, la corrente alimentatrice cessa mentre la sopradetta f.c.e.m. dà origine ad una corrente in senso contrario a quella della corrente che manteneva il motore in movimento, e questa f.c.e.m. perdura fino a che il rotore non si ferma. Cosicchè chiudere l'indotto in corto circuito equivale a mandarvi una corrente in senso contrario e quindi a sollecitarlo a muoversi in senso inverso. E' evidente come ciò si opponga al movimento di inerzia del rotore e tenda a fermarlo.

Il motore con eccitazione separata si può fermare in modo simile. Anche il motore in serie si può frenare con la sua chiusura in corto circuito, ma occorrono in questo caso dispositivi speciali, dei quali non si fa cenno non avendo essi applicazione a bordo.

Le caratteristiche già studiate ci hanno mostrato come al variare del carico e quindi della coppia motrice, varia la velocità del motore; nella pratica conviene quasi sempre che le modificazioni di velocità siano contenute entro limiti brevi. Vi sono vari metodi per la regolazione della velocità:

a) *Variando il campo induttore.*

b) *Variando la tensione ai morsetti dell'indotto.*

In tutti e due questi casi bisogna tener presente le solite formule:

$$n = \frac{V - rI}{N\,\Phi} \qquad \text{ed} \qquad n = \frac{e}{N\,\Phi}$$

a) Aumentando o diminuendo il campo induttore, diminuisce od aumenta il quoziente $\frac{e}{N\,\Phi}$ e quindi il valore di n, numero di giri del motore al minuto secondo.

b) Aumentando o diminuendo la tensione ai morsetti V, aumenta o diminuisce il quoziente $\frac{V - rI}{N\,\Phi}$ e quindi il valore della velocità del motore.

Il risultato di cui al paragrafo *a*) si ottiene con un reostato convenientemente inserito nel circuito induttore e quello di cui al paragrafo *b*) si ottiene mediante un reostato in serie con l'indotto.

§ 71 — **Avvolgimento e loro avarie più comuni**

Gli avvolgimenti possono essere dello stesso tipo di quelli descritti per le dinamo e cioè: in serie (con due vie interne) ed in parallelo (con un numero di vie interne eguale a quello dei poli).

Le principali avarie alle quali gli indotti vanno soggetti, si limitano a poche e le cause che le producono, in genere si palesano durante il funzionamento. Una delle più frequenti è quella della *scintilla circolare* la quale parte da una data piastrina del collettore (sempre la stessa) per poi spegnersi nell'aria. E' questo un inconveniente che bisogna eliminare subito, poichè produce irregolare funzionamento della macchina con probabilità di danneggiare seriamente il collettore. La sua causa può essere dovuta da un contatto fra spira e spira, oppure da un contatto fra lamine del collettore. Entrambi questi inconvenienti producono il dissaldamento dei conduttori che collegano le spire alla piastrina del collettore. Per localizzare questo guasto è necessario togliere l'indotto dalla macchina e verificare il collettore.

Prima però di venire a questa determinazione, poichè il lavoro richiede

molto tempo, sarà bene tentare ogni mezzo che possa eliminare il dubbio che l'umidità abbia potuto influire sull'isolamento dei conduttori, che alloggiano nei solchi dell'indotto. Si sistema allora presso l'indotto, e nel modo più adatto, una stufa elettrica e si inizia così l'essicamento dell'indotto ad una temperatura che non dovrà oltrepassare gli 80°. Eseguita questa operazione si lascia raffreddare l'armatura e quindi si salda il conduttore che erasi distaccato dalla piastrina del collettore, si spalma l'avvolgimento con gomma lacca sciolta nell'alcool al 30 % e si ripete l'essicamento.

Indi si levigano le piastrine del collettore o, se necessario, si tornisce il collettore stesso; bisogna essere certi di aver tolto sia la bravatura che si è potuta formare fra la mica e le piastrine, sia quelle particelle di carbone provenienti dalla carbonizzazione dell'olio lubrificante; l'una e l'altra potendo formare dei contatti nel collettore. Ultimate queste operazioni e rimontato l'indotto si fa funzionare la macchina, sia essa dinamo oppure motore, e se non si ripete l'inconveniente si raggiunge l'intensità di regime continuando il servizio; se poi la scintilla persistesse, allora è necessario smontare l'indotto e staccare il collettore dall'avvolgimento. Fatto questo si possono provare indipendentemente indotto e collettore e dire con certezza a quale dei due organi si debba attribuire l'inconveniente. Queste prove si fanno con l'ausilio di un voltmetro Weston.

Si verifica il collettore prendendo (fig. 177) una derivazione dalla li-

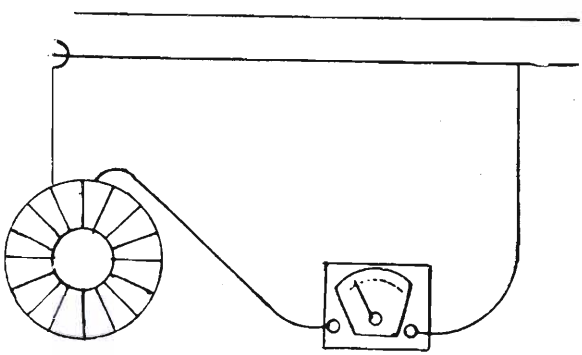


Fig. 177.

nea e ponendo il voltmetro in serie con uno dei conduttori (tenendo presente di adoperare i serrafili della grande resistenza) secondo la disposizione della figura. Si provano le piastrine vicine, a due a due, segnando, con un pezzo di gesso quelle che fanno deviare l'ago dello strumento. Ciò dimostra evidentemente che le due piastrine sono in contatto. Questo potrebbe essere

causato dal trasporto di una leggerissima parte di metallo da una piastrina all'altra, o da limatura dello stesso metallo frappostasi fra due segmenti. Prima di smontare il collettore è consigliabile di tentare la fusione di queste piccole particelle metalliche, e ciò si ottiene facendo passare una corrente di un dato voltaggio tra le due piastrine. Però occorre intercalare nel circuito (fig. 178) un filo fusibile di piombo perchè possa fondere nel caso che il corto circuito creatosi non fosse passeggero e non si distruggesse al primo passaggio di corrente. Se questa operazione fallisse, si può ancora tentare di passare con una punta di acciaio fra lamina e lamina, e se anche con questo procedimento non si riuscisse a togliere il contatto, allora si staccheranno le piastrine dal gotto che le avvince, avendo cura di fare preventivamente due mezzi collari A (fig. 179) affinchè possa poi riuscire facile il montamento.

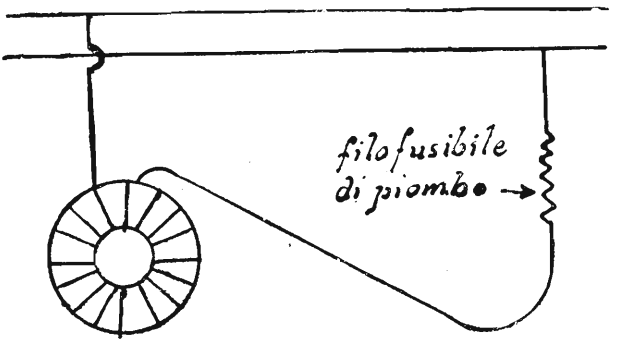


Fig. 178.

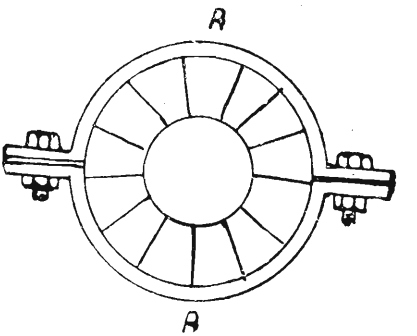


Fig. 179.

Verificati tutti i settori e la mica che li isola, è facile accertarsi dove era il guasto e, riparatolo, si lavano tutti i pezzi con alcool e si ravvivano con stagno gli alloggi dei conduttori dell'avvolgimento. Questo allo scopo di ottenere poi più rapida e sicura la saldatura. Ciò fatto si rimontano le piastrine facendo molta attenzione di stringere bene il collare A perchè, nell'avvitare il dado circolare del gotto che frena tutto il sistema, le piastrine non abbiano a risultare inclinate rispetto ad una delle facce del collettore. Si tenga presente che le divisioni appariscenti della mica sulla superfice laterale del collettore dovranno risultare come le generatrici di un cilindro e quelle della superfice frontale dovranno convergere al centro. Si rimette quindi a posto il collettore e per eseguire nuovamente le saldature, si adatta l'indotto su di un cavalletto di legno, improvvisato per la circostanza, avendo cura di tenere l'asse inclinato nella parte anteriore, onde evitare che dello

stagno possa scorrere tra i capi delle spire. Essendo necessario adoperare la lampada a benzina per riscaldare il collettore (servendosi dei saldatori unicamente per far scorrere lo stagno), è conveniente, per non danneggiare la sostanza isolante del conduttore, di mettere nel punto dove l'estremità dell'avvolgimento viene collegata al collettore un disco di amianto quale difesa dalla fiamma della lampada a benzina (fig. 180). E' assolutamente nocivo l'uso dell'acido muriatico. Per compiere il lavoro di saldatura si suggerisce di preparare della resina secca polverizzata, impastata con alcool

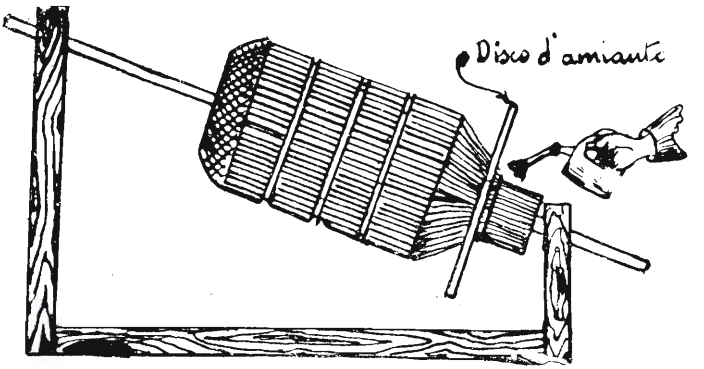


Fig. 180.

puro in modo da dare una pasta non troppo densa. Con questa miscela si spalma il posto dove deve scorrere lo stagno. Il saldatore non deve essere troppo caldo, poichè *rifiuta* lo stagno, nè troppo freddo, poichè non avrebbe il calore necessario per farlo liquefare e scorrere. Ad operazione ultimata è assolutamente necessario osservare se qualche gocciolina metallica di stagno si sia interposta fra l'avvolgimento, poichè questo inconveniente potrebbe rendere inutile il lavoro eseguito. Quindi si tornisce il collettore sul proprio asse. Si procede allora al montamento della dinamo o motore e si fanno le prove; se il risultato è buono ciò significherà che la scintilla circolare era causata o da deficienza d'isolamento fra le spire per umidità o per avaria al collettore.

Può però accadere che il contatto fra spira e spira sia molto più serio ed allora bisognerà sfare l'avvolgimento e rifarlo con conduttore nuovo, secondo le norme per il bobinaggio già impartite nel capitolo precedente.

Non di rado avviene che urga cambiare il collettore ad un elettromotore. Sarebbe impossibile costruirne uno per dinamo, data la mancanza di mezzi dei quali si può disporre a bordo delle navi, ma trattandosi di un motore

da non oltre 2 o 3 HP, a preferenza di inutilizzare il motore, specie se la nave trovasi lontana dalle sue basi, si può, avendo verghe in rame od anche in bronzo, costruirlo benissimo. Sopra un foglio di carta si disegna la vista di fronte (fig. 181) del collettore e si costruisce un calibro di lamie-

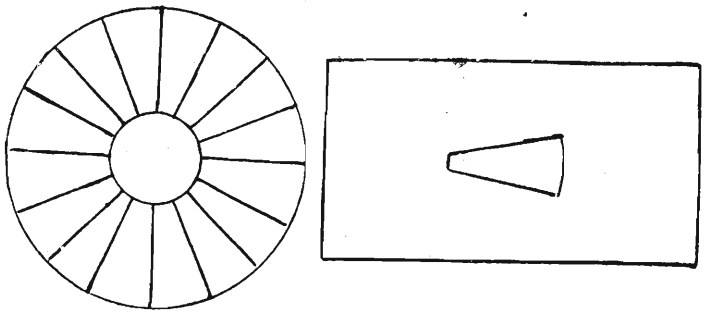


Fig. 181.

Fig. 182.

rino di ferro, con una sfinestratura eguale alla sezione di una piastrina perchè queste ultime risultino tutte eguali. Ultimato ciò si aggiustano le anzidette piastrine e quindi si pone, tra l'una e l'altra, la mica in lamine avendo cura di metterla dello stesso spessore, facendo poscia una legatura tutta all'intorno per farle aderire provvisoriamente. Si costruisce un cerchio di ferro, lo si tornisce internamente con una leggera conicità lasciandone il diametro minimo interno di circa 3 mm. più piccolo del diametro del cilindro formato dalle piastrine provvisoriamente legate; indi lo si infila a viva forza sul collettore in formazione. Perciò si prende un martinetto, che è facile avere a

bordo, e si cerca un punto di appoggio il quale possa sostenere lo sforzo che detto martinetto dovrà fare; si spinge il cerchio con forza, in modo da mandare le piastrine verso il centro (fig. 182). La dimensione di 3 mm. data al diametro interno minimo del cerchio di serraggio serve appunto per questo scopo.

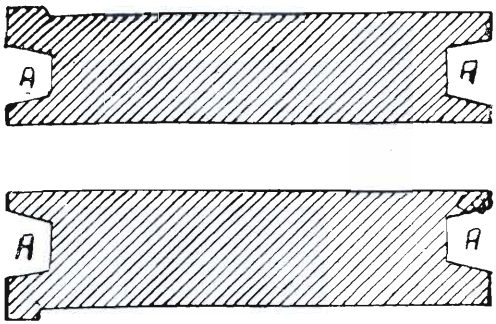


Fig. 183.

Mandato il cerchio a metà del collettore si mette il tutto sul tornio, per dargli la foggia del vecchio, cioè si intesta alla lunghezza voluta e gli si praticano con cura i solchi anulari A (fig. 183) dove alloggia il cerchio, pure conico, fuso sulla corona circolare del gotto (fig. 184). Ciò fatto si serra il collettore nel gotto (che deve essere isolato dalle piastrine) e poscia

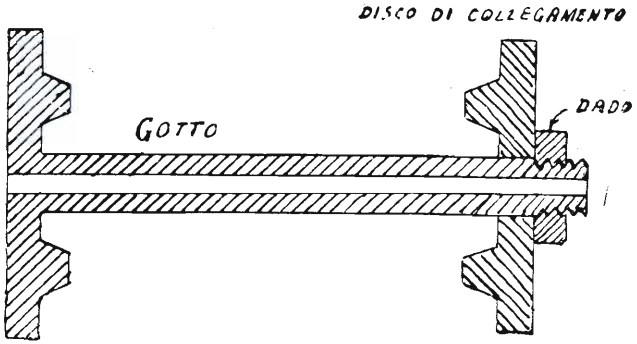


Fig. 184.

con una unghietta si taglia il cerchio di ferro di serraggio. Si tornisce allora la superficie esterna e si accerta con il voltmetro Weston che le piastrine siano isolate una dall'altra e dal gotto, ricorrendo, in caso di contatti, a quei mezzi che sono già stati indicati.

§ 72 — **Potenza a rendimento dei motori**

Al motore si fornisce una potenza elettrica P_t che è data dal prodotto V I della d.d.p. ai morsetti del motore per la corrente che il motore assorbe. Se si trascura il modo di eccitazione del motore, ossia se si suppone che il motore sia ad eccitazione separata, si ha:

$$P = V\,I \text{ ma sappiamo che } V = e + r\,I \text{ e quindi sarà}$$

$$P_t = e\,I + r\,I^2$$

Il termine $r\,I^2$ rappresenta la potenza che va consumata nell'avvolgimento del rotore sotto forma di calore. Il termine $P_e = e\,I$ rappresenta la parte di potenza elettrica che va trasformata in potenza meccanica. Il rapporto:

$$\eta_i = \frac{P_e}{P_t}$$

dà il *rendimento elettrico* del motore. Non tutta la potenza elettrica P_e è utilizzata come potenza meccanica, ma essa va in parte spesa per compensare le perdite per correnti parassite e per isteresi nel nucleo dell'indotto e le perdite per attrito e ventilazione le quali, come per le dinamo, dànno luogo ad altrettante coppie resistenti che si oppongono al movimento del motore.

Il rapporto fra la potenza meccanica misurata sull'asse motore e la potenza elettrica totale fornita dalla linea:

$$\eta_i = \frac{P_m}{P_t}$$

ci dà il *rendimento industriale* del motore.

Per motori abbastanza grossi i valori dei rendimenti sono eguali a quelli della dinamo, ossia il rendimento elettrico può giungere fino al 97 % ed il rendimento industriale fino al 94 %.

CAPITOLO XIV

Alternatori

§ 73 — Generalità sugli alternatori

Si chiama *alternatore* il generatore di corrente alternata. Ogni macchina ad induttore mobile, con avvolgimento di uno dei tipi già descritti, può essere utilizzata per produrre una corrente alternata. Come si è detto nel capitolo XII, una macchina costituita con un *indotto ad una sola spira* può essere utilizzata come alternatore, collegando i due capi della spira a due anelli, mobili con il rotore, sui quali striscino (fig. 185) due spazzole connesse ai capi del circuito

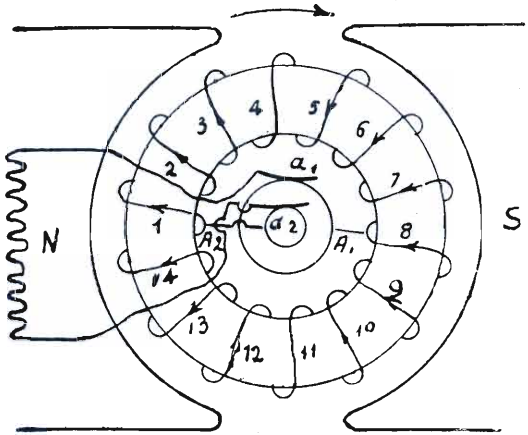


Fig. 185.

esterno. La frequenza della f.e.m. prodotta è data in tal caso dal numero di giri dell'indotto in un minuto secondo, perchè, ad intervalli di un giro, la f.e.m. ripassa per gli stessi valori. Qualunque indotto di *dinamo bipolare* ad anello od a tamburo, se si collegano in modo stabile due punti opposti dell'avvolgimento con un collettore ad anelli, dà f.e.m. e corrente alternata di frequenza eguale al numero di giri della macchina al minuto secondo.

Gli alternatori però, a differenza della dinamo, sono costruiti, nella grande maggioranza, con indotto fisso e induttore mobile. Infatti sappiamo che un conduttore spostandosi in un campo magnetico diviene sede di f.e.m. tanto se il conduttore effettivamente si muove come se si muove il campo magnetico rispetto al conduttore (fig. 186). Supponiamo che il magnete N S sia fatto ruotare

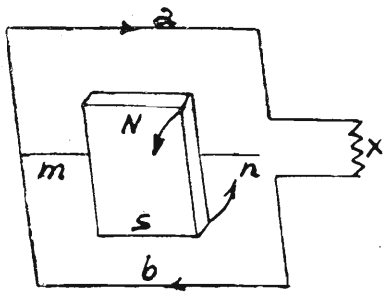


Fig. 186.

intorno all'asse $m\,n$ con moto uniforme. La spira $a\ b$ sia fissa e le sue estremità siano collegate al circuito esterno X. Ogni qualvolta il flusso uscente dal polo N taglia a si induce in a una f.e.m. diretta verso destra (regola della mano); contemporaneamente il flusso entrante in S taglia b e si induce in b una f.e.m. diretta verso sinistra. La corrente quindi circola nel senso indicato dalle frecce. Quando il magnete ha fatto mezzo giro, i poli hanno cambiato il posto rispetto ad a e b, la f.e.m. e la corrente hanno quindi direzione opposta a quella indicata dalle frecce. Di conseguenza durante una rotazione completa del magnete si hanno due pulsazioni di f.e.m. (e di corrente se il circuito è chiuso), dirette in senso contrario. Il dispositivo descritto è quindi un alternatore.

Si avrà una f.e.m. massima quando il magnete è nel piano della spira; in tale posizione si avrà infatti il massimo numero di linee di flusso tagliate dal conduttore. La f.e.m. sarà nulla e cambierà direzione quando il magnete è normale al piano della spira. In tale posizione il conduttore ruotando non taglia, nel movimento, linee di flusso. Per questa macchina la frequenza risulta eguale al numero dei giri del magnete per minuto secondo. Le frequenze più comunemente adottate nei circuiti industriali sono comprese fra 40 e 60 (in Italia sono usate le frequenze di 42, 45 e 50). In radiotelegrafia si usano frequenze molto maggiori.

Se si costruissero alternatori bipolari sarebbe necessario per avere notevoli frequenze far ruotare i magneti a velocità praticamente non convenienti e addi-

rittura irrealizzabili. Si ricorre quindi agli induttori multipolari. La figura 187 rappresenta un alternatore monofase tetrapolare. I poli N e S sono alternati. Nella carcassa di ferro dolce, in apposite scanalature, sono alloggiati i fili utili, rivestiti di materia isolante. Le scanalature sono riunite in tanti gruppi quanti sono i poli. I gruppi distano fra loro di un intervallo polare. Le linee di flusso hanno l'andamento segnato in figura. In questo alternatore si hanno tanti pe-

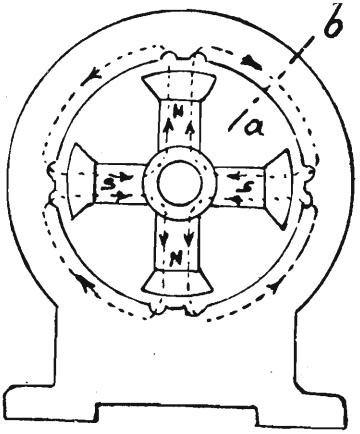


Fig. 187.

riodi in un giro per quanti poli dello stesso nome passano durante un giro davanti al medesimo conduttore, ossia due. La frequenza sarà quindi data in generale dalla relazione:

$$f = n\,p$$

dove n è il numero dei giri al minuto secondo e p il numero delle coppie di poli dell'alternatore.

La f.e.m. dell'alternatore multipolare risulta maggiore di quella dell'alternatore bipolare, perchè si vengono a sommare le f.e.m. dei vari fili attivi. Senza dare la dimostrazione basterà riportare l'espressione che ci dà la f.e.m. di un alternatore:

$$E = Y\,p\,n\,N\,\Phi$$

dove Y è un coefficiente che dipende dalla forma della corrente alternata e dal numero delle scanalature per ogni gruppo di conduttori, p il numero delle coppie polari, n il numero dei giri al minuto secondo, N il numero dei fili attivi e Φ il flusso uscente da un polo.

Il sistema induttore è costituito da un rotore a poli *salienti* come quelli della fig. 187. Attorno a ciascun polo vi è una bobina che, percorsa dalla corrente continua nel senso opportuno, fa assumere a ciascuno di essi la polarità adatta. Gli alternatori hanno, nella quasi totalità, l'eccitazione separata nella quale come abbiamo detto, circola corrente continua, sebbene siano stati fatti tentativi per utilizzare come corrente magnetizzante la corrente prodotta dall'alternatore medesimo e raddrizzata mediante dispositivi speciali.

L'avvolgimento induttore fa capo a due anelli metallici fissati sull'asse dell'alternatore come è indicato in figura 185, sui quali strisciano due spazzole fissate alla parte immobile della macchina e collegate ai due morsetti della sorgente di f.e.m. continua. Mediante un reostato inserito nel circuito di eccitazione si varia la corrente nell'avvolgimento degli induttori e quindi la f.e.m. dell'alternatore.

Anche negli alternatori la corrente dell'indotto genera un campo magnetico il quale, deformando il campo induttore produce la *reazione* d'indotto. Questa reazione però non è costante perchè prodotta da una corrente variabile. D'altra parte mentre durante il moto per una identica posizione dell'indotto rispetto all'induttore, si ha sempre la stessa tensione non così avviene per la corrente che si trova sfasata in anticipo ed in ritardo a seconda della capacità e dell'induttanza del circuito esterno (vedi cap. X).

Se l'alternatore ruota a circuito aperto la d.d.p. ai morsetti è eguale alla f.e.m.; ma quando si chiude il circuito esterno nasce la reazione di indotto la quale non dipende solo dall'intensità di corrente che circola, ma anche dalla differenza di fase fra la tensione e la corrente.

Queste variazioni della reazione d'indotto che dipendono da variazioni di carico e dànno luogo a variazioni di tensione si riportano ai morsetti degli utenti in derivazione. E' quindi necessario che esse siano ridotte al minimo per non pregiudicare il funzionamento degli stessi utenti. Nei buoni alternatori la caduta di tensione che si verifica tra la marcia a vuoto e la marcia a pieno carico, è dal 5 al 7 % con carico non induttivo e sempre minore del 20 % per carichi induttivi e con fattore di potenza non minore di 0,8 (v. cap. X). L'alternatore è quindi indicato ad alimentare circuiti a *tensione costante;* gli abbassamenti di voltaggio che si verificano con il variare del carico si possono correggere mediante una conveniente regolazione che, come per la dinamo, si compie agendo sull'eccitazione con un reostato inserito sul circuito induttore ed anche regolando la tensione della dinamo eccitatrice.

§ 74 — Alternatori polifasî - Avvolgimenti degli alternatori

Se sullo statore sul quale è già un avvolgimento indotto, in cui si origina una f.e.m. alternata monofase, si sovrappongono altri avvolgimenti regolarmente spostati rispetto al precedente, si hanno diversi circuiti distinti nei quali le f.e.m. differiscono soltanto per uno spostamento di fase costante. Si hanno così delle *forze elettromotrici polifasi* (1).

Supponiamo di avere un alternatore con 4 poli induttori e con 4 fili attivi: 1_a , 2_a , 3_a , 4_a , collocati in altrettante scanalature (fig. 188). Pratichiamo poi altre 4 scanalature nello statore intercalate fra le precedenti ed in modo che

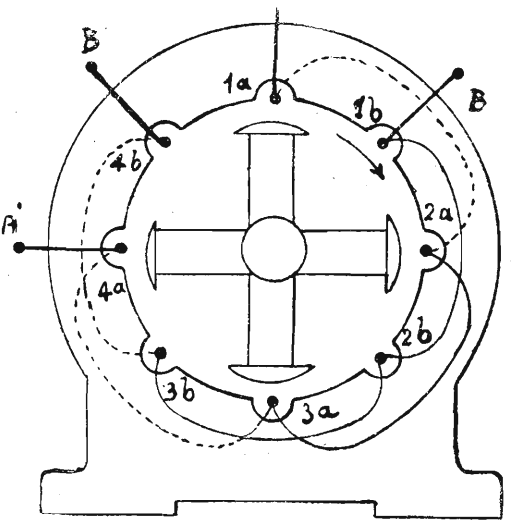


Fig. 188.

ciascuna sia ad eguale distanza fra le due del sistema precedente che la comprendono. Nelle nuove scanalature collochiamo altri 4 fili attivi e colleghiamoli in modo da formare un secondo avvolgimento, 1b, 2b, 3b, 4b. Nell'avvolgimento B B′ la f.e.m. è in ritarno di ¼ di periodo su quella dell'avvolgimento AA′ (fig. 189); i due avvolgimenti si equivalgono e possono essere collegati a due diversi circuiti esterni. Si dice che un tale alternatore fornisce *correnti bifasi*.

(1) Per comprendere bene quanto si viene esponendo è necessario essere perfettamente a conoscenza di quanto si è detto nel capitolo X sulle correnti alternate.

Ma il caso più importante è quello delle *correnti trifasi*.

Supponiamo (fig. 190) di avere tre alternatori monofasi, ad esempio, bipolari, identici, I, II e III con induttore mobile ed indotto fisso. Le tre macchine siano disposte una parallela all'altra in modo da poter montare i tre induttori sopra un unico asse azionato da una sola motrice. Abbiamo tre alternatori i quali attivano indipendentemente tre circuiti che supporremo eguali.

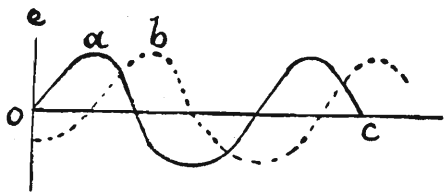


Fig. 189.

I tre avvolgimenti siano spostati fra di loro angolarmente di 1/3 di periodo, cioè 120°, nel senso contrario alla rotazione dell'induttore e così le tre f.e.m. che si ottengono sono eguali e sfasate fra loro di 1/3 di periodo ed altrettanto potremo dire delle correnti, dato che i tre circuiti estremi siano

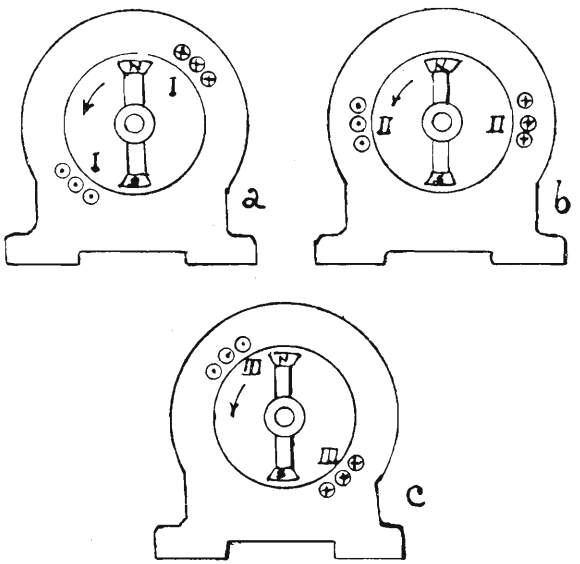


Fig. 190.

eguali. Semplifichiamo ora il gruppo delle tre macchine e riduciamolo ad una sola; cioè senza cambiare l'orientamento immaginiamo di far scorrere i tre indotti uno dentro l'altro, come i tubi di un cannocchiale, e di fondere i tre induttori in uno solo; avremo allora un indotto a tamburo unico con tre avvolgimenti indotti, cioè tre *fasi*, indipendenti e spostati successivamente di 1/3

di periodo ciascuno ed ognuno dei quali alimenta il proprio circuito (fig. 191). Ecco un *alternatore trifase*. Il sistema delle tre f.e.m. e delle tre correnti è pure *trifase*. Dato che l'induttore è il rotore, avremo sull'indotto sei morsetti, due per fase. Il rotore avrà due anelli con spazzole striscianti per inviare corrente agli induttori. La figura 192 rappresenta schematicamente le tre fasi A A′,

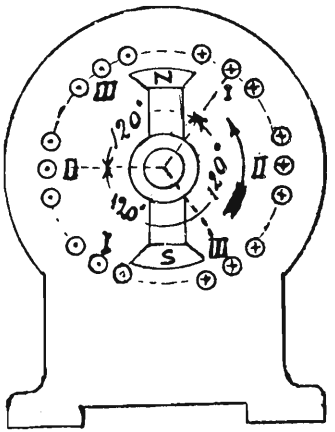


Fig. 191.

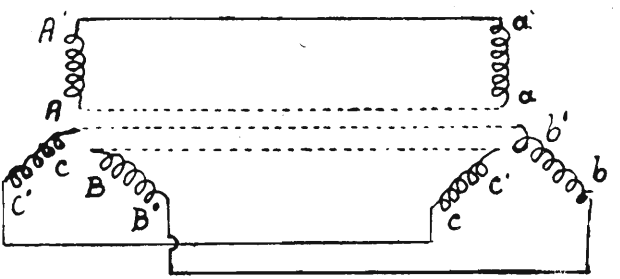


Fig. 192.

B B′, C C′, le quali, come si è detto, dànno luogo alle tre f.e.m. sfasate di 1/3 di periodo ed i tre utenti identici aa′, bb′, cc′, ai quali le fasi dell'alternatore mandano rispettivamente corrente. I tre conduttori centrali possono essere considerati come i fili di ritorno dei tre circuiti; ma, poichè la somma della cor-

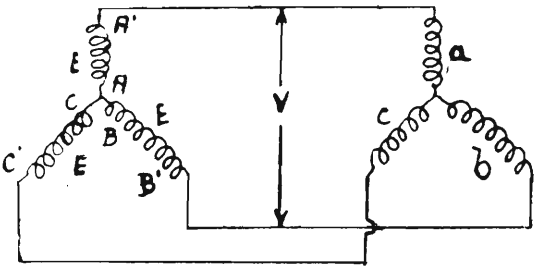


Fig. 193.

rente che li percorre è costantemente nulla, essi possono essere soppressi. Basta a questo scopo riunire in un unico punto, il *punto neutro*, i tre avvolgimenti generatori e fare la stessa cosa per i ricevitori. Si ha (fig. 193) il *collegamento a stella* (cap. X). Ma sappiamo che i tre circuiti dell'alternatore si

possono anche combinare in modo differente, e precisamente (fig. 194) si possono *collegare a triangolo* (cap. X). Parlando delle correnti alternate abbiamo trovato quali siano i valori della corrente e della f.e.m. in ciascuno dei due collegamenti e siano giunti alla conclusione che, ai fini della potenza, *con l'uno e con l'altro collegamento la potenza risulta la medesima.*

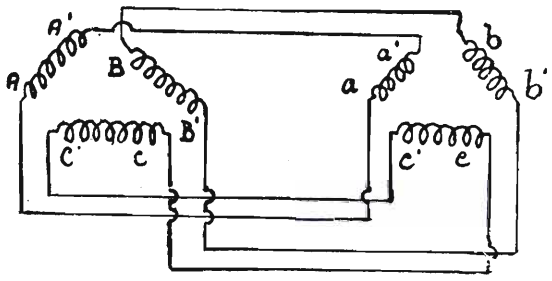


Fig. 194.

Allo scopo di poter utilizzare a volontà l'una o l'altra delle tensioni relative alle due specie di collegamento, si adotta frequentemente, nelle installazioni industriali, una distribuzione a stella con un quarto filo che parte dal centro della stella ed è chiamato *filo neutro* (fig. 195). Attaccando allora un utente P fra uno dei fili A, B, C e il neutro N esso viene alimentato con la tensione E di una fase; attaccando un utente Q fra due fili di linea come A e B lo si alimenta con la tensione $V = \sqrt{3}\ E$.

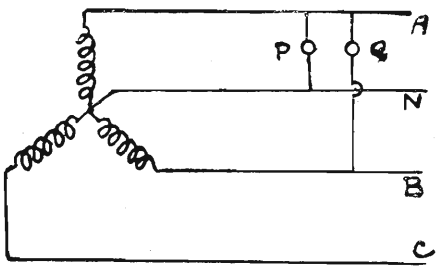


Fig. 195.

Con questo tipo di distribuzione si utilizza di solito la tensione E tra il filo di linea neutro per alimentare le lampade; si utilizza invece la tensione V fra filo e filo di linea per alimentare i motori. I morsetti della macchina saranno quattro e non più sei.

La f.e.m. che si sviluppa in un solo conduttore dell'indotto di un alternatore non supera uno o due volts, perciò l'avvolgimento si compone sempre

di un gran numero di conduttori disposti ordinariamente in matasse e bobine, ciascuna di parecchie spire, incastrate entro le scanalature ricavate nel nucleo e poi collegate fra loro. I capi di ciascuna bobina si saldano insieme e si ricoprono accuratamente con nastro od altro materiale isolante. Le bobine sono di filo di rame, rivestito di materie isolanti (comunemente cotone), ed avvolte sopra forme le quali abbiano il profilo desiderato.

Le scanalature dell'indotto sono rivestite spesso di carta o fibra. Le bobine si forzano nelle scanalature e vi sono mantenute a posto per mezzo di cunei di fibra o di legno.

Quando il tratto di indotto a cui è affacciata ciascuna faccia polare, comprende più di una scanalatura nella quale vengono a trovarsi distribuite le spire della bobina, l'avvolgimento dicesi *distribuito* come, ad esempio, quello delle figure 190 e 191 dove ogni bobina è distribuita in tre scanalature; se invece tutte le spire dell'avvolgimento di una bobina, influenzata da una coppia di poli, sono raccolte in una sola scanalatura per ciascun polo, l'avvolgimento dicesi *concentrato*.

§ 75 — **Perdite, potenza e rendimento degli alternatori**

Le perdite delle macchine generatrici di corrente alternata sono:

1°) Perdite meccaniche;
2°) Perdite nel ferro (per isteresi e per correnti parassite di Foucault);
3°) Perdite nel rame (effetto Joule).

Le perdite meccaniche dipendono dalla velocità di rotazione (attrito, resistenza dell'aria); sono quindi costanti, dato che l'alternatore per dare frequenza costante deve marciare a velocità costante. Le perdite nel ferro dipendono dalla tensione che la macchina sviluppa e quella nel rame dipendono dall'intensità di corrente che circola nell'avvolgimento indotto.

Anche nel caso dell'alternatore la potenza è limitata dal riscaldamento; siccome poi il riscaldamento dipende dalle perdite, le quali abbiamo visto che alla loro volta dipendono dalla tensione e dalla corrente che l'alternatore sviluppa, dedurremo che da un determinato alternatore noi non potremo avere più di un certo numero di volt e di un certo numero di ampère.

La conoscenza della massima tensione e della massima corrente che possiamo richiedere da un alternatore non basta però ad indicare la massima potenza che l'alternatore può sviluppare. Questa infatti è espressa dalla formula:

$$P = E\ I \cos \varphi$$

dove cos φ dipende dalle caratteristiche induttive e capacitive del circuito esterno (v. cap. X). Ne viene che se un circuito sul quale lavora l'alternatore ha un fattore di potenza uguale a uno, l'alternatore può sviluppare una potenza $P = E\ I$; ma se il fattore di potenza è zero l'alternatore sviluppa la massima f.e.m. e la massima corrente riscaldandosi al massimo e non fornendo alcuna potenza. Ricorderemo ancora che se in un alternatore è determinata la potenza apparente che l'alternatore stesso può sviluppare, non è affatto determinata la potenza reale, la quale dipende dalle caratteristiche del circuito esterno.

Nei riguardi del rendimento si debbono considerare per l'alternatore:

a) *il rendimento elettrico*, cioè il rapporto fra la potenza elettrica utilizzata nel circuito esterno e la potenza elettrica totale sviluppata dall'alternatore.

b) *il rendimento industriale*, cioè il rapporto fra la potenza elettrica utilizzata nel circuito esterno e la potenza meccanica fornita all'albero dell'alternatore.

Il rendimento totale degli alternatori moderni di grande potenza può giungere fino al 96 %.

§ 76 — **Accoppiamento e messa in fase degli alternatori**

Abbiamo già detto, parlando delle dinamo, come nelle centrali elettriche a corrente continua convenga l'uso di varie generatrici di adeguata potenza, invece di una sola capace di fornire la massima potenza che richiede il circuito alimentato; questa convenienza sussiste anche per le centrali a corrente alternata, se non che, mentre le dinamo si accoppiano in serie ed in parallelo, gli alternatori si accoppiano *solo in parallelo*. Infatti l'accoppiamento in serie degli alternatori non è stabile. Per accoppiare in serie due alternatori, le f.e.m. delle macchine, oltre ad avere la stessa frequenza, dovrebbero essere sempre in fase per potersi sommare aritmeticamente nel circuito. Ora queste due condizioni si potrebbero solo verificare quando i due alternatori fossero accoppiati rigidamente sullo stesso asse, ciò che sarebbe contrario al principio per il quale si fa uso di più generatori. Azionando gli alternatori con motori indipendenti, è impossibile avere velocità perfettamente eguali in ogni istante e quindi essi non tarderebbero a porsi in opposizione non fornendo più alcuna corrente al circuito esterno.

L'equilibrio, dunque, di due alternatori in serie è instabile.

L'*accoppiamento in parallelo di due alternatori è invece stabile.*

Infatti si dimostra che quando i due alternatori sono in parallelo, se le velocità cominciano a differire, e cioè se uno degli alternatori accelera l'andatura rispetto all'altro tendendo così a disturbare l'equilibrio, nasce nel circuito degli alternatori stessi una f.e.m., e quindi una corrente, detta di *sincronizzazione* la quale, facendo funzionare da motore l'alternatore che ritarda, automaticamente ristabilisce l'equilibrio; i due generatori riacquistano di nuovo la medesima velocità e le loro f.e.m. riprendono la stessa fase.

Per poter accoppiare in parallelo gli alternatori, o collegarli ad una linea già mantenuta in tensione da altre macchine, *bisogna che siano eguali le f.e.m., le fasi e le frequenze*. Abbiasi, ad esempio, due alternatori A_1 ed A_2 (fig. 196),

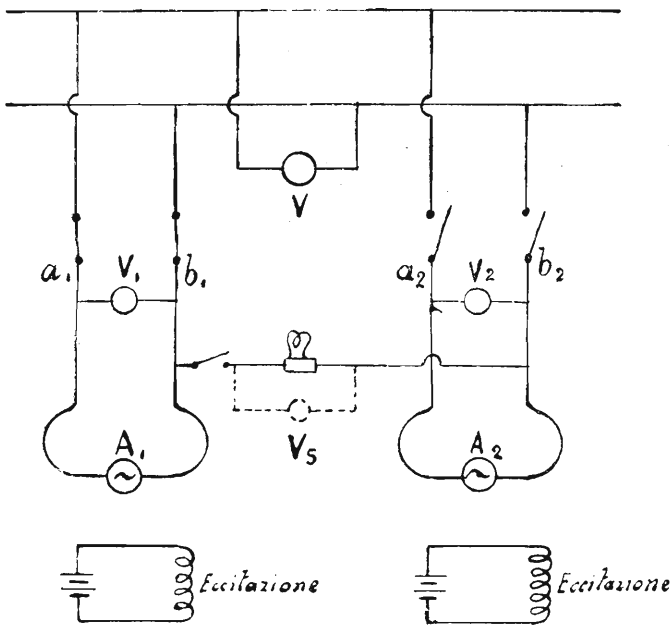


Fig. 196.

il primo dei quali sia già collegato alle sbarre del quadro con i suoi morsetti a_1 e b_1 essendo chiuso l'interruttore corrispondente. Per accoppiare l'alternatore A_2 si comincia con il metterlo in moto portandone la velocità quanto più possibile prossima al sincronismo; a quella tale velocità cioè per la quale

le due macchine raggiungono la medesima frequenza e sono in fase, in modo che i massimi ed i minimi delle rispettive grandezze elettriche coincidano. Regolando l'eccitazione si otterrà al voltmetro V_2 la tensione di linea, la quale sarà indicata da un altro apposito strumento V.

Per riconoscere l'eguaglianza di fase si inserisce una lampada ad incandescenza fra i morsetti dello stesso nome dei due alternatori, cioè quelli uniti alla medesima sbarra del quadro (*indicatori di fase*).

Se vi è concordanza di fase i poli a_1 e a_2 hanno lo stesso potenziale e così pure b_1 e b_2; la lampada rimane spenta. Se le fasi sono in diretta opposizione, si ha fra a_1 e a_2 e fra b_1 e b_2 la massima differenza di potenziale e la lampada brilla con la massima intensità.

Siccome è difficile mantenere la velocità esattamente eguale, fino a che l'alternatore A_2 non è accoppiato, la differenza di fase varia. Se la velocità dei due alternatori sono poco diverse, allora fra la concordanza e l'opposizione di fase (quindi fra lo spegnimento ed il massimo splendore del lampadino) passerà un certo tempo. Se invece le velocità sono molto diverse, allora si avrà una ripetizione molto più rapida del fenomeno.

Regolando la velocità dell'alternatore A_2 si riesce facilmente ad ottenere una oscillazione di luce sufficientemente lenta perchè si possa cogliere il momento in cui la lampada è spenta e chiudere l'interruttore per inserire l'alternatore A_2. Allora, se vi è ancora una piccolissima differenza di fase o di

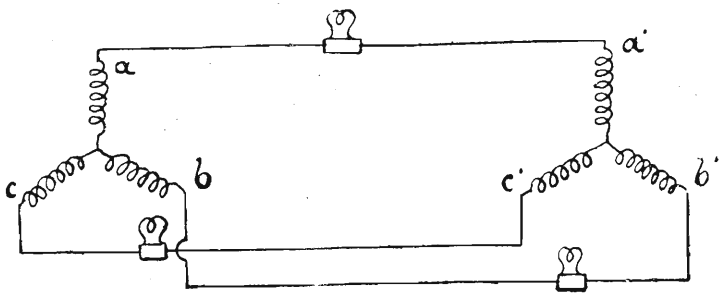


Fig. 197.

velocità, la corrente sincronizzante, che circola nelle due macchine, corregge subito questa differenza e porta le macchine al sincronismo perfetto. Il circuito contenente le lampadine, detto anche *circuito di messa in fase*, può inoltre essere inserito fra a_1 e b_2 o fra a_2 e b_1. In tal caso quando le due f.e.m. sono in fase, la lampada ha il massimo splendore ed in questo istante

si deve chiudere l'interruttore di parallelo. Invece delle lampade si può mettere un voltmetro V_s e l'accoppiamento si fa quando quest'ultimo segna o il doppio della tensione di un alternatore o zero, a seconda del modo di inserzione.

Quando si è venuto esponendo riguarda il parallelo di alternatori monifasi e si può estendere anche agli alternatori polifasi. Basta, evidentemente, stabilire l'accordo per una fase con una delle disposizioni sopra descritte. Lo schema di due alternatori trifasi è quello della fig. 197; le tre lampade A, B e C durante la regolazione si accendono e si spengono simultaneamente. L'accoppiamento si fa quando le lampadine sono spente.

CAPITOLO XV

Motori a corrente alternata

§ 77 — Generalità sui motori a corrente alternata Motori asincroni

I motori a corrente alternata sono di vari tipi ed i più importanti sono:

i motori asincroni ed a campo rotante;

i motori sincroni.

Abbiamo visto nel Capitolo X, parlando dei campi magnetici rotanti, che due campi magnetici prodotti dalla corrente circolante in due spire, disposte perpendicolarmente fra loro, si compongono in un campo magnetico risultante il quale ruota nel piano determinato dai due campi componenti, con velocità uniforme. Si dimostra che non è necessario che le due spirali formino fra loro un angolo retto come non è necessario che sia $\frac{1}{4}$ di periodo la differenza di fase fra le due correnti, per avere un campo magnetico rotante. Il campo rotante si può ottenere con angoli e differenze di fase differenti; in questo caso esso non ha più valore costante.

Quanto si è detto per due correnti vale e si può ottenere per tre correnti o più (v. cap. X).

I *motori asincroni* si basano sul fenomeno della produzione in un campo magnetico rotante per mezzo di correnti alternate, fra loro sfasate, ed inviate in sistemi di spire opportunamente disposte. Si deve al celebre elettrotecnico Galileo Ferraris non solo il concetto ma anche il primo dispositivo di utilizzazione pratica di un campo rotante in un motore elettrico. Questo dispositivo era costituito (fig. 198) da due spirali, disposte con i loro piani verticali e perpendicolari fra loro; nello spazio intorno era sospeso un cilindro di rame, vuoto e chiuso, girevole intorno ad un asse verticale. Se si mandano nelle due spire correnti alternate di eguali intensità, ma sfasate fra loro di $\frac{1}{4}$ di periodo, si produce un campo rotante intorno all'asse del cilindro. Per effetto di tale rotazione in una spira a-b posta sul cilindro, il flusso di induzione

varia periodicamente ed in conseguenza la spira chiusa sopradetta diviene sede di una f.e.m. indotta. Questa f.e.m. indotta genera delle correnti parassite che magnetizzano il cilindro di rame e poichè il campo da essi prodotto tende a disporsi parallelamente al campo magnetico rotante, il cilindro stesso si mette in rotazione. Basta quindi, per concepire il funzionamento del motore, rap-

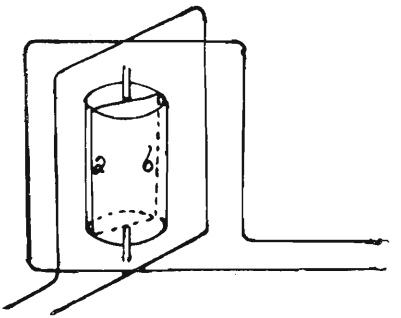


Fig. 198.

presentarsi i due campi magnetici ambedue rotanti, uno per effetto delle correnti sfasate e l'altro generato dalle correnti indotte e trascinato dal cilindro in rotazione, i quali si inseguono senza raggiungersi mai. Infatti la velocità del cilindro non potrà mai essere eguale a quella del campo rotante, perchè, in tal caso, mancando il movimento relativo fra i due campi, il flusso abbracciato dalla spira sarebbe costante, cesserebbe la variazione di flusso e quindi la condizione necessaria alla produzione delle correnti indotte. La velocità del nucleo risulta perciò inferiore a quella del campo. La differenza fra le due velocità prende il nome di *scorrimento*. Esso di solito è dal 4 al 6 per cento; vale a dire che il rotore resta indietro da 4 a 6 giri su ogni 100 giri eseguiti dal campo rotante. Se, per esempio, la velocità del campo rotante è di 400 giri al minuto lo scorrimento è del 5 per cento, esso corrisponderà a:

$$\frac{400 \times 5}{100} = 20 \text{ giri}$$

ed il rotore compirà $400 - 20 = 380$ giri al minuto.

E' evidente anzitutto che per ottenere effetti potenti conviene adottare tutte quelle disposizioni che permettano di produrre un flusso magnetizzante con la minima forza magneto-motrice (v. cap. VIII); conviene chiudere quindi il circuito magnetico attraverso masse di ferro e ridurre al minimo l'intraferro.

Lo statore è perciò formato da un anello di ferro di sezione uniforme (fig. 199) e gli avvolgimenti destinati a ricevere le correnti magnetizzanti si fanno con fili disposti entro fori o canali, presso la periferia interna, come nell'indotto degli alternatori ordinari che abbiamo già studiato. Per attenuare

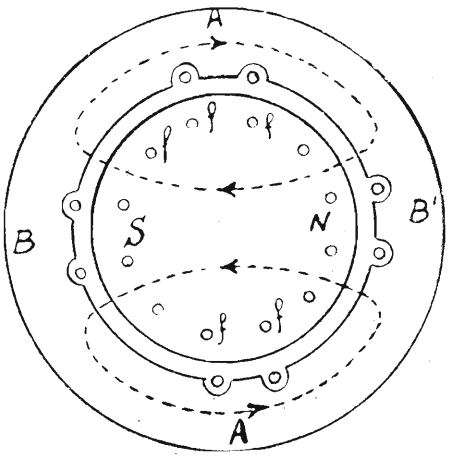


Fig. 199.

le correnti parassite l'anello è formato con sottili lamiere di ferro isolate fra loro.

Per rinforzare il flusso, il rotore è costituito da un cilindro di ferro laminato, con tanti fori *f* uniformemente distribuiti presso la periferia nei quali si introducono delle sbarrette di rame riunite poi fra loro sulle due facce piane del cilindro per costituire un sistema di spire conduttive e favorire così la produzione delle correnti indotte. Un rotore di questo tipo si trova solo in motori di piccola potenza e dicesi a *gabbia di scoiattolo*.

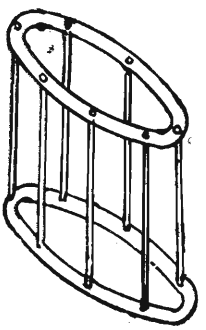


Fig. 200.

L'intraferro comunemente si aggira intorno ad un millimetro; nei piccoli motori lo si riduce anche ad una frazione di millimetro. L'armatura del motore rappresentato nella fig. 200 è costituita da spire che abbracciano mezzo statore; lo statore è dunque *bipolare*. Infatti una metà circa della superficie interna dello statore rappresenta una faccia polare nord, mentre l'altra metà rappresenta una faccia polare sud: le due facce polari

ruotano continuamente, con moto uniforme, compiendo un giro ad ogni periodo della corrente alternata impressa. Nell'istante a cui si riferisce la figura la corrente è massima nell'avvolgimento A, nulla nell'avvolgimento B.

Poichè il rotore, come abbiamo detto, ha una velocità angolare poco inferiore a quella del campo rotante, in un motore bipolare il numero di giri in un minuto primo è quasi eguale alla frequenza della corrente. Per ridurre il numero dei giri, che spesso e specialmente nei motori di grande potenza sarebbe eccessivo (per f = 50, il numero dei giri al minuto sarebbe pari a 3000), *bisogna diminuire la velocità angolare del campo rotante*, il che si dimostra essere ottenibile facendo lo statore multipolare, disponendo cioè le bobine in modo che invece di abbracciare mezzo statore, ne abbraccino una frazione minore.

Se le spire abbracciano ¼ dello statore, il motore è tetrapolare. Nella figura 201 l'avvolgimento della fase 1 parte dal morsetto A, tocca successiva-

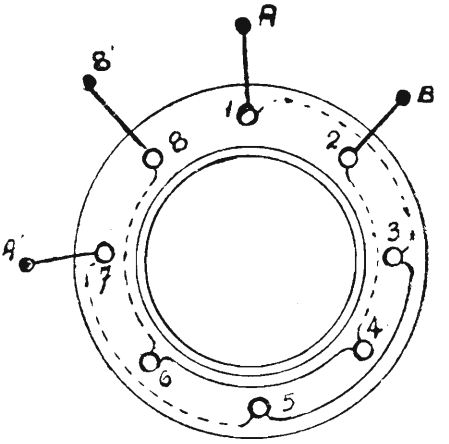


Fig. 201.

mente, mediante connessioni alternativamente posteriori ed anteriori, i fili 1 - 3 - 5 - 7 e viene all'altro morsetto A^1; l'avvolgimento della fase 2 del morsetto B, per i fili 2 - 4 - 6 - 8, viene al morsetto B^1.

Anche nel caso di *statori trifasi*, analoghi a quelli bifasi, si potrà variare il numero dei giri del motore variando in modo identico il numero dei poli. Si intende poi che gli avvolgimenti (bobine) si potranno sempre collegare fra loro a stella od a triangolo.

Indicando con 2p il numero dei poli, se f è la frequenza della corrente ed n

il numero dei giri del motore al secondo, facendo astrazione dallo scorrimento, si ha la relazione:

$$n = \frac{f}{p}$$

dove p è il numero delle coppie di poli.

Se, per esempio, un motore alimentato da corrente alternata di 48 periodi al secondo ha 12 poli, il numero di giri al minuto secondo del rotore, astraendo dallo scorrimento, sarà di:

$$n = \frac{48}{6} = 8$$

Se si vuol sapere il numero di giri effettivo n′ al minuto primo, considerando uno scorrimento del 5 %, si avrà:

$n' = \frac{f\,60}{p}\ \frac{48 \times 60}{6}$ = 480 giri (velocità del campo rotante e di sincronismo)

e poi:

$\frac{480 \times 5}{100}$ = 24 (numero di giri corrispondenti allo scorrimento)

ed ancora

n′ = 480 — 24 = 456 (numero di giri effettivo del rotore).

Se noi ora tracciamo una curva, con il solito metodo grafico già applicato nelle caratteristiche delle dinamo, ponendo (fig. 202) sulla linea verticale del diagramma i valori della coppia motrice in relazione ad altrettanti valori della velocità, posti sulla linea orizzontale, potremo, dall'osservazione della predetta curva, vedere come, quando si avvia il motore (n = O), la coppia motrice ha il valore Oa; quindi essa cresce fino a raggiungere il massimo valore b′ per diminuire rapidamente fino ad annullarsi quando il rotore raggiunga la velocità di sincronismo *n*. La coppia di avviamento risulta piuttosto piccola e basta una coppia resistente di valore poco superiore ad Oa perchè il motore non si avvii più. Ciò è dovuto alla notevole autoinduzione che presenta il motore all'inizio del funzionamento, autoinduzione che, come sappiamo, provoca uno spostamento di fase fra la f.e.m. e la corrente.

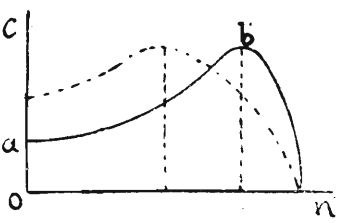


Fig. 202.

E' stato dimostrato teoricamente e la pratica lo ha confermato, che per aumentare la coppia motrice di avviamento è necessario inserire in serie con il rotore una resistenza ohmica, la quale ha lo scopo di evitare la produzione di correnti indotte troppo intense; questa resistenza va esclusa gradatamente a misura che il rotore si avvicina alla velocità normale.

La necessità quindi di avere un rotore con resistenza variabile complica il sistema semplicissimo del rotore a gabbia di scoiattolo, cui abbiamo accennato, e che si trova soltanto nei motori di piccola potenza. Per motori di maggiore potenza, nei quali occorre avere la possibilità di inserire una resistenza, il rotore non è più fatto a gabbia di scoiattolo: al posto delle sbarre di rame riunite frontalmente da due anelli, ed in corto circuito, esso presenta degli avvolgimenti distinti, dello stesso numero di quelli dello statore. Per esempio, se lo statore è trifase anche il rotore è trifase. Con l'inserzione della resistenza sul rotore la curva della coppia motrice (fig. 202) sarà quella punteggiata; la coppia motrice presenta quindi all'avviamento del motore un valore molto maggiore di prima. La figura 203 mostra lo schema di

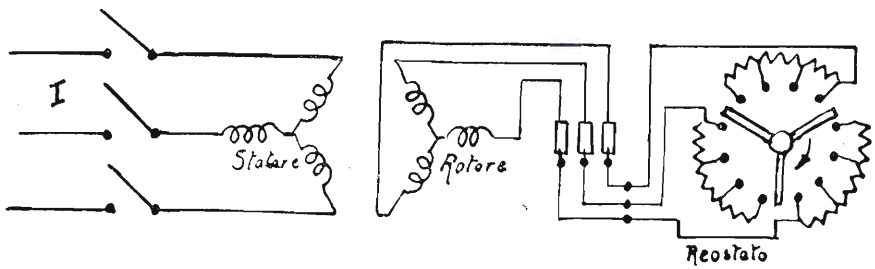


Fig. 203.

avviamento di un motore trifase. L'interruttore I si chiude mantenendo la leva del reostato fuori contatto, poi, ruotando la leva nella direzione della freccia si pongono le tre resistenze in serie con le tre fasi del rotore e quindi si esclude gradatamente la resistenza e si pone il rotore in corto circuito.

Il motore a campo rotante, è un motore di larghissimo impiego nell'industria, presentando il vantaggio di non richiedere, per l'assenza del collettore, eccessiva sorveglianza come la richiede un motore a corrente continua; ciò che rappresenta un notevole risparmio di mano d'opera.

Per arrestare il motore basta interrompere la corrente allo statore; per invertire la marcia, se il motore è trifase, si invertono due delle fasi, con il che si viene ad invertire la direzione del campo rotante.

Diremo infine che la velocità di rotazione di un motore a campo rotante al variare del carico è pressochè costante. Siccome inoltre la velocità si varia variando il numero dei poli, è chiaro che queste variazioni non possono essere infinite ma in numero molto limitato. I motori asincroni hanno quindi un numero ristretto di velocità; sui grossi locomotori delle FF. SS. per treni celeri si hanno quattro velocità: 100, 75, 50, 37,5 Km. all'ora.

§ 78 — **Rendimento e potenza dei motori asincroni**

Come è noto il rendimento di un motore è il rapporto fra la potenza utilizzata P_u e la potenza assorbita P_t. Si dimostra che nel motore asincrono il rendimento

$$n = \frac{P_u}{P_t} = \frac{n}{n'}$$

dove con n' si indica la velocità del campo rotante e con n la velocità del rotore.

Questo rendimento di solito oscilla fra 0,85 e 0,95. Per uno stesso motore è basso a piccolo carico e massimo a carico normale.

Riguardo allo sfasamento della corrente rispetto alla f.e.m. esso è tanto maggiore quanto minore è il carico. In pratica i motori al disotto di 3,4 HP hanno un $\cos \varphi$ oscillante fra 0,4 e 0,3 a carico piccolo e raggiungente 0,6 o 0,7 a carico normale. I motori di grande potenza hanno invece un $\cos \varphi$ variabile fra 0,7 e 0,9.

La potenza assorbita è data dalla formula che già conosciamo:

$$W = E\ I \cos \varphi$$

e se il motore è trifase da:

$$W = E\ I \cos \varphi\ 1{,}73.$$

nella quale E è la tensione esistente fra due fili qualunque del circuito.

§ 79 — **Motori sincroni**

Si abbia un alternatore monofase del tipo a induttore rotante e supponiamo di inviare dall'esterno nell'avvolgimento dell'indotto una corrente monofase di frequenza industriale. In ciascun istante, intorno ad ognuno dei conduttori dell'indotto, si producono linee di induzione che danno luogo

sulla superficie interna dell'indotto stesso alla formazione di polarità magnetiche, alternativamente Nord e Sud (fig. 204). Supponiamo inoltre che il rotore sia fermo ed abbia i poli eccitati con corrente continua. In queste condizioni, le forze che si sviluppano fra i poli induttori e le polarità dell'indotto non possono mettere in moto la parte mobile della macchina. Infatti tali forze cambiano alternativamente di segno un grande numero di volte in un tempo brevissimo: tante volte cioè quanti sono i periodi della corrente alternata alimentatrice. Il rotore invece, alimentato dalla corrente continua avrà i suoi poli Nord e Sud sempre fissi. E' chiaro che per la rapidissima inversione dei poli dello statore, il rotore, data l'inerzia della massa stessa che lo costituisce, non sarà soggetto a forza alcuna e quindi resterà fermo.

Ma supponiamo di avviare mediante una coppia motrice esterna il rotore ad una velocità tale che durante un semiperiodo della corrente alternata alimentatrice, il rotore ruoti di un semipasso. Dopo un semiperiodo dalla rappresentazione della fig. 204 avremo la rappresentazione della figura 205, cioè ancora la medesima posizione relativa della parte mobile ri-

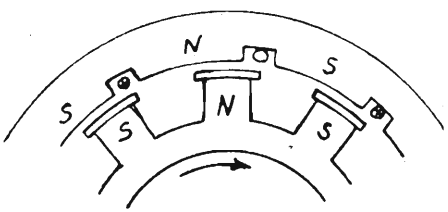


Fig. 204.

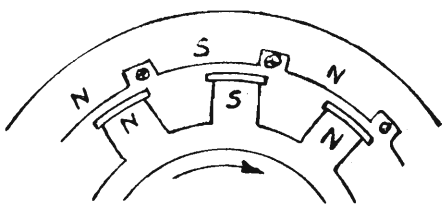


Fig. 205.

spetto a quella fissa della figura precedente; avremo perciò delle forze dirette nello stesso senso, per effetto delle quali il rotore continua a ruotare anche se noi sopprimiamo la coppia esterna.

La velocità di rotazione del rotore è evidentemente quella per la quale esso compie un semipasso ad ogni semiperiodo della corrente alternata: tale velocità dicesi *velocità di sincronismo*, perchè è la velocità con cui si dovrebbe, mediante una coppia motrice applicata dall'esterno, far ruotare il sistema induttore perchè la macchina, funzionando da alternatore, generasse una corrente alternata di frequenza pari a quella che, nel funzionamento della macchina da motore, noi inviamo nell'indotto. Un motore di questo tipo dicesi *sincrono* in quanto *non può funzionare che alla velocità di sincronismo* a differenza del motore asincrono per il quale, come abbiamo visto, le condizioni di funzionamento sono affatto contrarie.

Quanto si è detto per un motore monofase vale per un motore polifase.

Il numero dei giri di un motore sincrono nell'unità di tempo dipende dal numero dei poli; se i poli sono due soli, ad ogni periodo della corrente corrisponde un giro, ed in generale, se i poli sono 2p e la frequenza è f, il numero dei giri è:

$$n = \frac{f}{p}$$

dove p rappresenta il numero delle coppie polari.

Data la rapidità di successione della corrente alimentatrice, i successivi spostamenti del rotore saranno così rapidi da dar luogo a velocità di rotazione del rotore praticamente costante.

Dal funzionamento di questi motori risulta evidente che il senso di rotazione di essi dipende dal senso della spinta iniziale occorsa per avviarli.

L'avviamento di questi motori si può ottenere in diversi modi:

I motori monofasi, se sono piccoli, si avviano a mano, dando loro una spinta iniziale. Se sono provvisti di dinamo eccitatrice si può utilizzare quest'ultima per avviare il motore, facendola funzionare come motore a corrente continua alimentandola con una batteria di accumulatori.

Altro sistema per avviare i motori sincroni è quello di ricorrere ad un motorino ausiliario di potenza circa decima di quella di motore stesso e che può essere sia termico che elettrico. In quest'ultimo caso si farà uso di un motorino il quale si avvii da sè (motore asincrono). La manovra si compie nel seguente modo: si aziona il motore sincrono a vuoto mediante il motorino ausiliario, quindi si eccita gradatamente il motore e appena questo ha raggiunto la velocità di sincronismo si immette la corrente alternata e si stacca il motorino ausiliario.

Il motore sincrono ha il pregio particolare di variare il fattore di potenza cos φ dell'impianto e, regolando l'eccitazione del motore stesso, si riesce a farlo lavorare con fattore di potenza eguale ad uno; perciò migliora il funzionamento degli apparecchi inseriti nel circuito, specialmente quando questi, per la loro induttanza, sfasano notevolmente la corrente rispetto alla f.e.m. (v. cap. X).

CAPITOLO XVI

Trasformatori

§ 80 — Generalità sui trasformatori - Trasformatori statici

Il trasformatore statico è un apparecchio ad induzione formato essenzialmente da due spirali isolate, avvolte su di un medesimo nucleo di ferro (fig. 206); mandando una corrente variabile in una delle spirali si produce un flusso pure variabile e quindi l'altra spirale diventa sede di una f.e.m. indotta. Questo apparecchio acquistò una grande importanza industriale da quando fu messo in evidenza come una spirale possa essere alimentata da

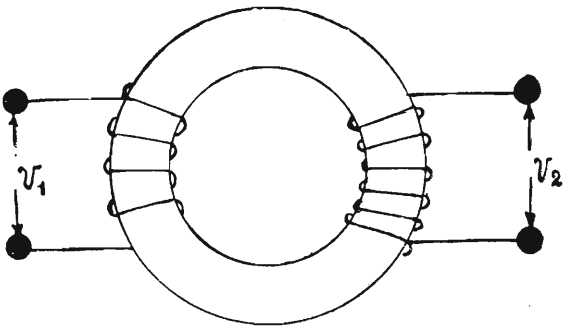


Fig. 206.

una corrente alternata trasferendo nell'altra spirale l'energia comunicatagli, *se non integralmente, tuttavia con un rendimento molto elevato;* e che inoltre si può, proporzionando opportunamente il numero delle spire nei due circuiti, raccogliere l'energia nella seconda spirale con una tensione alta o bassa a seconda del bisogno. Dato però che, come abbiamo detto, la potenza viene trasmessa attraverso le due spirali quasi interamente, è evidente che le variazioni di tensione comportano contrarie variazioni nella intensità di corrente. La potenza elettrica viene per tal modo trasformata nei

suoi componenti tensione ed intensità, di qui la denominazione di *trasformatore*.

Delle due spirali del trasformatore si dice *primaria* la inducente, cioè quella che riceve la potenza da trasformare e *secondaria* l'indotta, cioè quella nella quale si ha la potenza trasformata in virtù delle variazioni del flusso magnetico prodotte dal variare della intensità della corrente primaria.

Quando si deve trasmettere la potenza elettrica a grandi distanze bisogna adottare f.e.m. molto elevate e correnti di piccola intensità, per attenuare la perdita dovuta alla linea, perdita che sappiamo essere eguale al prodotto della resistenza della linea stessa per il quadrato della intensità della corrente che la percorre cioè RI^2 (perdita per effetto Joule). Stabilito, che questa perdita RI^2 non superi una frazione della potenza totale da trasmettere, potendo, aumentare la tensione e diminuire la intensità della corrente, si può proporzionalmente aumentare la resistenza e quindi adoperare conduttori a piccola sezione, riducendo in tal modo il peso ed il costo della linea. Operando così sarà però necessario aumentare corrispondentemente la tensione ed allora alla stazione ricevitrice questa corrente ad alta tensione non si può inviare negli apparecchi utenti (lampade, motori, ecc.) i quali ordinariamente richiedono invece tensioni relativamente basse, ma bisognerà trasformarla nuovamente. Il trasformatore risolve il problema, nel senso che esso serve anzitutto a rialzare la tensione della corrente fornita dagli alternatori nella stazione generatrice; questa corrente secondaria ad alta tensione e piccola intensità viene quindi inviata alla linea. Nella stazione ricevitrice si effettua la trasformazione inversa con un trasformatore che abbassa la tensione al valore, che si ritiene più conveniente, per distribuire l'energia elettrica ai centri di consumo.

Le due spirali primaria e secondaria si debbono tenere quanto più vicine possibile, in modo che il secondario abbracci tutto il flusso prodotto dal primario ed inoltre bisogna far sì che questo flusso attraversi un mezzo di grande permeabilità; quindi il trasformatore nella sua forma elementare è costituito da un nucleo di ferro ad anello su cui sono avvolti il primario ed il secondario e prende il nome di *trasformatore a circuito magnetico chiuso*. Nei trasformatori industriali il circuito magnetico è completamente nel ferro. Hanno ormai fatto il loro tempo i *trasformatori a circuito magnetico aperto* i quali consistono in un fascio di fili di ferro ricoperti dalle spire dell'avvolgimento primario, a sua volta ricoperto dalle spire dell'avvolgimento secondario. Un tipo di questi trasformatori, è il famoso *rocchetto di Ruhmkorff*, trasformatore classico, premiato dal Governo francese con 50.000 franchi (1848). Esso è destinato ad elevare sino a diecine di migliaia di volt

la tensione di pochi volt di una pila ed ha acquistato importanza industriale dalle recenti applicazioni dei raggi X e della radiotelegrafia senza fili. Si compone essenzialmente (fig. 207) di un fascio di fili di ferro, sul quale è avvolto il primario di poche spire di filo grosso ed il secondario di moltis-

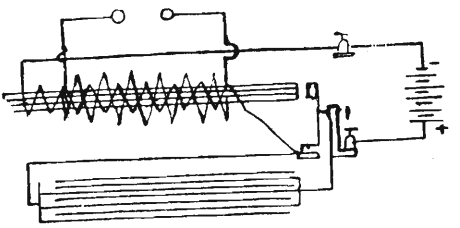


Fig. 207.

sime spire di filo sottile. La variazione del flusso induttore è prodotta inviando nel primario una corrente continua, interrotta da un martello inserito su di esso e che lo chiude con il suo contatto di platino regolato da apposita vite. Quando al passaggio della corrente continua il nucleo si magnetizza, attira il martello staccandolo dalla vite e interrompendo il circuito; con ciò il nucleo si smagnetizza, il martello ristabilisce il contatto e la corrente poi l'interrompe di nuovo e così via.

Amplifichiamo ora e studiamo un poco più da vicino il funzionamento del trasformatore:

Allorchè si inserisce sulla linea alimentatrice il circuito primario di un trasformatore lasciando aperto il circuito secondario, il trasformatore quasi non assorbe energia. Infatti la corrente, nel circolare, magnetizza alternativamente il nucleo di ferro in un senso e nell'altro e sviluppa una f.e.m. di autoinduzione nel primario stesso che agisce in senso opposto alla corrente circolante neutralizzandola. In pratica si consuma solo una piccola parte di energia che corrisponde alle perdite della macchina e che generalmente è del 4 e 5 %. Se invece si chiude il circuito secondario su di un apparecchio qualsiasi di utilizzazione allora il flusso magnetico alternato induce nel secondario correnti indotte dirette in senso contrario a quelle del primario; l'induzione fra primario e secondario cresce mentre diminuisce l'autoinduzione del primario cioè la f.e.m. di autoinduzione. Tale diminuzione è proporzionale all'aumento del carico. Dunque l'energia assorbita dal circuito primario di un trasformatore è proporzionale al carico: cioè all'energia utilizzata. Il trasformatore allora è autoregolatore. *Nei trasformatori*

la tensione del circuito primario sta alla tensione del circuito secondario sensibilmente nello stesso rapporto del numero delle spire nei due avvolgimenti. Se dunque il circuito primario è percorso da una corrente alla tensione di 100 volts e comprende 100 spire, la corrente indotta nel secondario avrà la tensione di 1.000 volts se il numero delle spire è di 1.000, di 10.000 volts se questo è di 10.000 spire, ecc.

Indicando con E′ ed E″ le f.e.m. del primario e del secondario e con N′ ed N″ i numeri di spire dei due avvolgimenti, la legge enunciata si esprimerà con la formula:

$$\frac{E'}{E''} = \frac{N'}{N''} = K$$

Il numero K esprime questo rapporto e si chiama *coefficiente di trasformazione del trasformatore.*

Un'altra relazione importante che si verifica in ogni trasformatore è che le intensità di corrente stanno in ragione inversa delle tensioni. Infatti se noi indichiamo con E′ ed I′ la tensione e l'intensità della corrente primaria e con E″ ed I″ la tensione e l'intensità della corrente secondaria, avremo che, a parte le perdite, la potenza primaria e la potenza secondaria dovranno essere eguali; perciò sarà:

$$E' I' = E'' I''$$

da cui

$$\frac{E'}{E''} = \frac{I'}{I''} = K$$

Tornando quindi all'esempio precedente del trasformatore, l'intensità diminuirà dunque proporzionalmente e diventerà 10, 100 volte più piccola in modo che il prodotto E I = W risulti il medesimo, astrazione fatta delle perdite.

§ 81 — **Trasformatori statici polifasi - Rendimento dei trasformatori**

Per trasformare correnti bifasi e trifasi si possono usare due o tre trasformatori monofasi, ora descritti, i quali si inseriscono separatamente in ciascuna fase. La corrente trasformata si ricaverà dai due o tre avvolgimenti secondari. Si intende che per le correnti trifasi sia i primari che i secondari

possono essere collegati a stella o triangolo. Invece poi di far uso di tre trasformatori separati, più spesso si adoperano trasformatori unici trifasi i quali hanno la parte magnetica analoga a quella dei trasformatori monofasi a circuito magnetico chiuso e così gli avvolgimenti sui tre nuclei. Come abbiamo detto gli avvolgimenti si possono collegare a stella (fig. 208) od a triangolo (fig. 209).

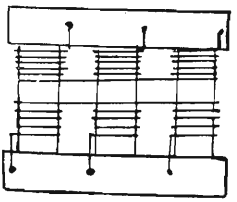


Fig. 208.

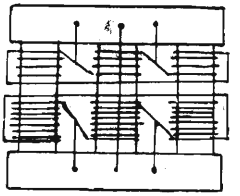


Fig. 209.

I trasformatori sono soggetti a riscaldarsi notevolmente, perciò debbono essere costruiti in modo da permettere una buona ventilazione. I tipi di potenza considerevole sono raffreddati ad olio circolante.

I trasformatori con raffreddamento ad aria si costruiscono generalmente per tensioni non superiori a 20.000 volts. Il raffreddamento può essere naturale od artificiale; è naturale quando avviene per la naturale circolazione dell'aria ambiente; è invece artificiale quando si fa uso di speciali ventilatori azionati elettricamente.

Il trasformatore, essendo una macchina statica, cioè senza organi in movimento, non è soggetto a perdite meccaniche. Le sole perdite verificantisi sono: elettriche e magnetiche.

Le perdite elettriche sono date dall'energia che si converte in calore sia nell'attraversare il circuito primario che quello secondario. Se r' ed r'' sono le resistenze dai due circuiti ed I' ed I'' le intensità delle correnti rispettive, le perdite totali elettriche del trasformatore (effetto Joule) saranno:

$$W\ r'\ I^2 + r''\ I^2$$

Queste perdite sono piccolissime a vuoto ad aumentano man mano che aumenta il carico. Le perdite magnetiche sono dovute ai noti fenomeni di isteresi e delle correnti di Foucault. Allo scopo di ridurre la produzione di queste correnti si fanno i nuclei laminati. Le perdite magnetiche sono indipendenti dal carico quindi hanno luogo anche mentre il trasformatore funziona a vuoto.

La potenza dei trasformatori viene generalmente indicata con il numero dei voltamperes (potenza apparente), la quale poi sappiamo che corrisponde alla potenza effettiva nel caso che non vi fosse sfasamento fra la corrente e la tensione, cioè nel caso che cos φ sia eguale ad uno.

Il rendimento di un trasformatore è espresso dal rapporto della potenza ricavata dal secondario e quella assorbita dal primario. Indicando con W′ e W″ le energie del primario e del secondario sarà:

$$\eta = \frac{W''}{W'}$$

ed esso, da quanto abbiamo detto, varia al variare del carico aumentando man mano che questo aumenta.

§ 82 — **Trasformatori rotanti, convertitori**

Si presenta a bordo il problema (nelle stazioni radiotelegrafiche) di convertire la corrente continua in corrente alternata.

Per raggiungere lo scopo la via più semplice è quella di ricorrere ad un gruppo costituito da un motore a corrente continua e da un alternatore. Siccome però in un complesso di questo tipo il passaggio dall'una all'altra forma di corrente avviene attraverso una conversione intermedia di energia elettrica in energia meccanica, il rendimento del complesso risulta piuttosto basso.

Questo fatto e l'opportunità di ridurre l'ingombro hanno condotto alla adozione di macchine speciali: i *convertitori o trasformatori rotanti.*

Si ricordi che un motore a corrente continua sviluppa una f.e.m. alternata del tutto simile a quella che si sviluppa in una dinamo. Questa f.c.e.m. può essere raccolta e mandata in un circuito esterno mediante un collettore formato da due anelli; si utilizza allora una f.e.m. alternata e nel circuito esterno si ha una corrente alternata. E' facile comprendere tutto ciò per quanto si è detto parlando dell'alternatore con indotto mobile. Il convertitore è appunto una macchina con un ordinario avvolgimento a corrente continua munita di due collettori: uno a lamelle, l'altro ad anelli. Per il collettore a lamelle si manda nel motore una corrente continua, la macchina ruota come un ordinario motore e dal collettore ad anelli si raccoglie una corrente alternata (fig. 210).

Nella figura il collettore a lamelle non è segnato ma le spazzole *mm* strisciano direttamente sui fili.

Se si manda corrente alternata nel motore attraverso gli anelli, ossia facendolo funzionare da motore sincrono, il rotore ruota con velocità co-

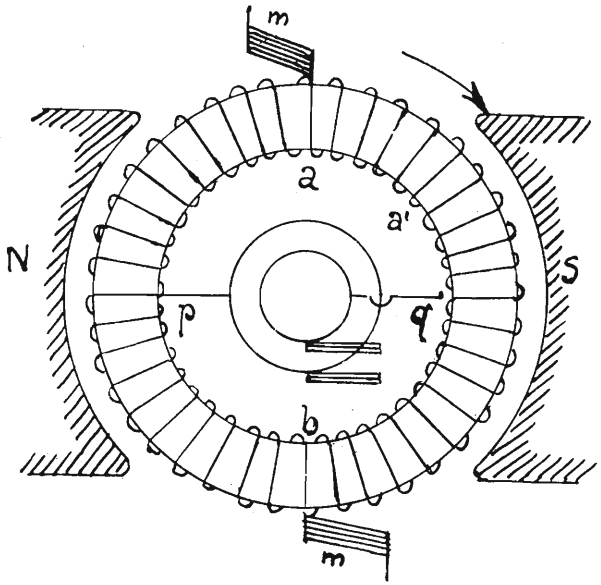


Fig. 210.

stante determinata dalla frequenza della corrente alternata e dal collettore a lamelle ricaveremo corrente continua. Le due correnti, alternata e continua si sovrappongono nell'unico avvolgimento e quindi la corrente risultante subisce una serie di oscillazioni.

CAPITOLO XVII

Applicazioni elettriche varie

§ 83 — Arco voltaico - Generalità sulle lampade ad arco

Se si pongono a contatto le estremità di due bacchette di carbone alle quali è applicata una d.d.p. costante di valore opportuno (circa 45 o 50 volts) e se poi si allontanano fra di loro di pochi millimetri, si stabilisce nell'intervallo un arco luminoso che permane finchè la distanza fra i due carboni rimane piccola e prende il nome di *arco voltaico*. Gli estremi delle due bacchette assumono una forma speciale che si conserva invariata durante il funzionamento (fig. 211). L'estremo del carbone connesso al polo positivo della sorgente prende una forma conica con la punta troncata e incavata, formando

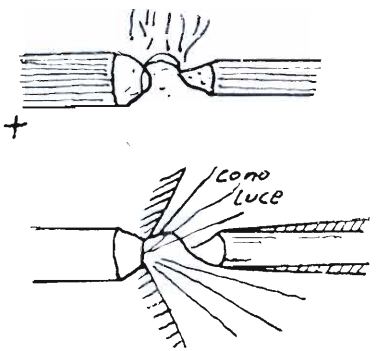


Fig. 211.

il cosidetto *cratere*; il negativo prende una forma acuminata. Le estremità dei carboni diventano incandescenti: la maggior parte della luce viene emessa dal cratere e si ritiene che sia quasi l'85 % della luce totale emessa dalla sorgente. Per questo motivo le lampade ad arco che servono per la illuminazione di strade o di grandi ambienti, vanno collocate con il carbone positivo in alto in modo che la luce venga diretta verso il basso.

L'arco ha una temperatura elevatissima che supera i 3500°. Il carbone positivo si consuma assai più del negativo e perciò nelle lampade si pongono carboni di diametro diverso e si regolano i diametri in modo che i consumi in lunghezza riescano sensibilmente eguali.

L'arco si stabilisce anche se è alimentato da corrente alternata ed in questo caso richiede tensione minore (da 28 a 35 V.) e si ha un eguale consumo dei carboni; a parità di intensità però l'arco a corrente alternata dà meno luce di quello a corrente continua.

I carboni sono costituiti da un impasto di grafite e di carbone di storta mescolato con nerofumo e catrame, pressato e cotto poi ad altissime temperature.

L'arco ha tre stadi di funzionamento che dipendono dalla sua lunghezza e cioè: arco *fischiante*, arco *silenzioso* ed arco *fiammeggiante*. Quando è silenzioso si trova nelle condizioni di regolare funzionamento e si ha la massima intensità luminosa del cratere. Se l'arco si accorcia la luce diventa azzurrastra, non è fissa e si ha l'arco fischiante. Se la lunghezza diventa eccessiva l'arco diventa fiammeggiante, si sposta tutto in giro ai carboni formando lunghe fiammate e tende a spegnersi. E' quindi necessario munire le lampade ad arco di speciali regolatori che tendano a mantenere costante la distanza fra i carboni.

L'arco non obbedisce alla legge di Ohm. La tensione che si ha fra i due carboni, l'intensità della corrente di alimentazione e la lunghezza dell'arco sono legate fra loro in modo molto complesso e non esattamente conosciuto. Se si allontanano i carboni *diminuisce* l'intensità della corrente che percorre l'arco ed aumenta la caduta di tensione fra i due carboni; se si avvicinano aumenta l'intensità di corrente e diminuisce la caduta di tensione.

Si chiama *resistenza apparente dell'arco* il rapporto fra la d.d.p che si misura fra i due carboni e l'intensità della corrente di alimentazione.

§ 84 — **Regolazione delle lampade ad arco**

La distanza fra gli estremi di un arco voltaico, ossia fra i carboni, varia con il consumo di questi, cagionando la instabilità dell'arco il quale finisce poi per spegnersi se la distanza supera un certo limite. Perchè un arco si mantenga silenzioso e la sua luce abbastanza fissa, è necessario che i carboni siano tenuti sempre alla stessa distanza.

A questo scopo provvedono i *regolatori automatici* il cui funzionamento è basato sulle variazioni di intensità di corrente o sulle variazioni di tensione,

che si hanno al variare della lunghezza dell'arco. Si hanno perciò il *regolatore in serie* od a intensità costante, il *regolatore in derivazione* od a tensione costante ed il *regolatore differenziale*. Il funzionamento dei regolatori è basato sull'equilibrio di due forze: una rappresentata dall'attrazione magnetica su di un nucleo di ferro dolce da parte di uno o più rocchetti percorsi da correnti proporzionali alle quantità da mantenere costanti, l'altra da una forza antagonista.

Regolatore in serie.

E' rappresentato schematicamente dalla figura 212. Il carbone positivo C_1 è mobile ed è fissato ad un estremo di una leva di primo grado che all'altro

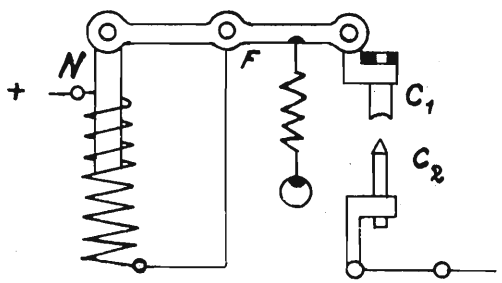


Fig. 212.

estremo porta una molla la quale tende a tenere i carboni a contatto fra loro. A interruttore aperto quindi i due carboni si toccano. Sulla leva stessa è fissato un nucleo di ferro dolce N che può essere succhiato da un elettromagnete, il quale agisce in contrasto con la molla. L'avvolgimento dell'elettromagnete è in serie con l'arco e quindi è attraversato dalla stessa corrente che alimenta la lampada. Quando si chiude l'interruttore passa una forte intensità di corrente perchè la resistenza fra i carboni è piccolissima, l'elettromagnete crea un campo intenso, succhia il nucleo di ferro, i due carboni si allontanano e la lampada si accende. La molla è regolata in modo da fare esattamente equilibrio all'elettromagnete quando l'arco è percorso dalla corrente normale. Se durante il funzionamento l'arco si allunga, diminuisce la intensità di corrente che lo attraversa, la forza attrattiva del solenoide diventa minore di quella della molla ed i carboni si avvicinano. Inversamente se l'arco si accorcia. Così attraverso successive oscillazioni l'arco assume sempre la sua posizione di equilibrio.

Regolatore in derivazione.

E' rappresentato schematicamente dalla figura 213. Il carbone superiore è collegato come antecedentemente all'estremo di una leva, sull'altro estremo della quale agiscono in contrasto un elettromagnete ed una molla M. L'avvolgimento dell'elettromagnete è in derivazione sui carboni dell'arco, la molla tende a mantenere i carboni *lontani* l'uno dall'altro, cosicchè a interruttore

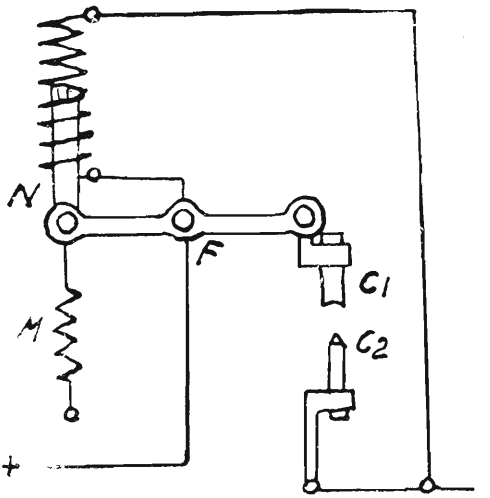


Fig. 213.

aperto essi sono staccati. La corrente che circola nel solenoide dipende dalla d.d.p. fra i carboni.

Quando si chiude l'interruttore i due carboni non sono a contatto, e fra essi esiste una d.d.p. eguale a quella che si ha fra i due fili della linea che alimentano la lampada. La corrente nel solenoide è intensa, l'elettromagnete succhia energicamente il nucleo vincendo l'azione della molla ed i due carboni vengono a contatto. La corrente passa allora da un carbone all'altro ed è molto intensa, la d.d.p. fra i carboni diventa piccolissima, la corrente nel solenoide diventa molto debole, la molla vince l'azione dell'elettromagnete, i due carboni si allontanano e la lampada si accende. La regolazione della molla è fatta in modo che la molla stessa e l'elettromagnete si facciano equilibrio per quella d.d.p. fra i carboni che corrisponde alle *condizioni di arco silenzioso*.

Se durante il funzionamento l'arco si allunga aumenta la d.d.p. fra i carboni, cresce la corrente nel solenoide che sposta la leva in modo da avvicinare i carboni. Inversalmente se l'arco si accorcia.

Regolatore differenziale.

In questo tipo di regolatore (fig. 214) l'estremo della leva opposto ai carboni porta due nuclei di ferro sui quali agiscono due elettromagneti in contrasto fra loro, uno in serie con l'arco, l'altro in derivazione. La molla è soppressa. Il regolatore funziona sempre qualunque sia la posizione iniziale dei due carboni. Se, quando si chiude l'interruttore, essi sono a contatto la lam-

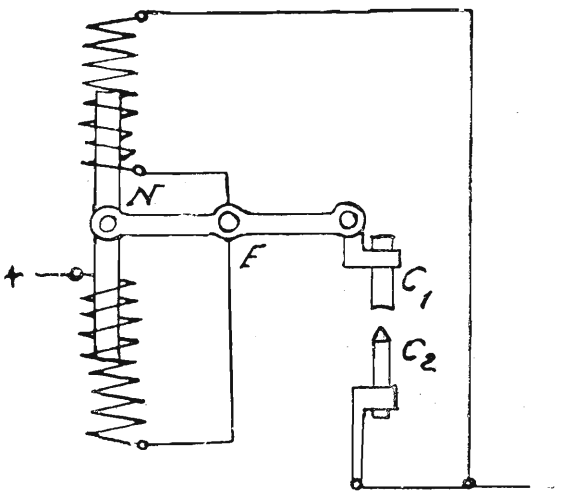


Fig. 214.

pada si accende perchè entra immediatamente in funzione il regolatore in serie; se sono staccati entra in funzione il regolatore in derivazione. I due elettromagneti sono costruiti in modo da farsi equilibrio quando l'arco è in condizioni di funzionamento normale.

Ogni lampada ad arco derivata direttamente dalla rete di alimentazione va soggetta a forti oscillazioni dell'intensità luminosa, oscillazioni che spariscono quando si ponga in serie con essa una certa resistenza addizionale detta *resistenza zavorra*. Il suo valore può variare da qualche Ohm a qualche decina di Ohm secondo la resistenza della conduttura, l'intensità e la tensione. La resistenza zavorra serve anche ad evitare il corto circuito della linea quando per accendere la lampada se ne portano i carboni a contatto.

La lampada ad arco viene usata a bordo nei proiettori dei quali ve ne sono in servizio diversi tipi e di cui il più moderno è il proiettore Sperry. Scopo del proiettore è quello di riflettere la luce della sorgente luminosa in una unica direzione. Ciò si ottiene ordinariamente con specchi parabolici, i quali emet-

tono raggi riflessi paralleli all'asse principale, purchè la sorgente sia nel fuoco e puntiforme. Se la sorgente non è puntiforme il fascio luminoso del proiettore non è cilindrico ma conico. Il proiettore Sperry rappresenta un importante progresso, dovuto alla realizzazione di un maggiore splendore della fonte luminosa, il che è stato ottenuto adoperando carboni contenenti sali minerali i quali, all'incandescenza emettono un notevole flusso luminoso. In questo proiettore alla luce emessa dalla superficie incandescente del cratere del carbone positivo, si somma quella data dai sali minerali volatizzati trattenuti nel cratere dalla fiamma proveniente dal carbone negativo. Lo splendore dell'arco raggiunge in tal modo le 500 candele per mm^2 di superficie.

§ 85 — **Lampade a incandescenza - Vari tipi, consumo**

Le lampade a incandescenza si sono incominciate ad usare in epoca relativamente abbastanza remota: fin da quando l'unica sorgente nota di corrente era la pila, si pensò alla possibilità di ottenere la luce per mezzo di conduttori resi incandescenti dalla corrente. Siccome si sapeva che lo splendore dei corpi incandescenti cresce assai più rapidamente della temperatura, si sperimentarono i fili di metallo aventi un punto di fusione molto elevato, cioè il platino e l'irridio e come sostanza capace di sopportare senza alterarsi temperature anche più elevate, il carbone.

Gli unici materiali impiegati oggi sono il carbone ed il tungsteno. Il tungsteno usato ora, mentre ha una temperatura di fusione inferiore al carbone, può essere fatto funzionare ad una temperatura molto più alta del carbone.

In un palloncino di vetro a tenuta di aria penetrano due serrafili che, mediante gancetti sostengono il sottile filamento al quale portano la corrente; il filamento, reso incandescente, emette la luce.

Buona parte della potenza elettrica (watt) assorbita da una lampada è consumata dal calore irradiato dal filamento caldo. Parte dell'energia è asportata dal filamento per effetto dei gancetti di supporto e dei reofori che adducono la corrente ai filamenti. L'energia trasformata in luce è piccolissima in rapporto all'energia totale consumata dalla lampada, essendo 0,5 % nelle lampade a carbone, circa 1,5 % nelle lamapde cosidette *monowatt* (funzionanti nel vuoto), e dal 2 al 4 % nelle lampade cosidette ½ watt (funzionanti in atmosfera gassosa). Una piccola variazione nella temperatura del filamento porta come conseguenza una grande variazione nella quantità di luce emessa mentre il consumo di potenza (watt) varia di poco. La temperatura massima del filamento è evidentemente il punto di fusione, ma siccome la sostanza di

cui è composto il filamento evapora rapidamente anche a temperatura sensibilmente inferiore al punto di fusione, dando luogo ad una diminuzione della durata del filamento stesso ed all'annerimento del palloncino, la temperatura a cui viene fatto funzionare il filamento è di molto inferiore al punto di fusione, e ciò allo scopo di poter ottenere una durata ragionevole.

Il filamento si ottiene mettendo la polvere di tungsteno in una forma metallica e comprimendola ad alta pressione in forma di un piccolo massello, fino a che le particelle aderiscono fra di loro sufficientemente per poterlo maneggiare. Si fa poi passare della corrente elettrica attraverso il massello, riscaldandolo fino quasi al punto di fusione, ed in tal modo le particelle si compenetrano insieme. Il massello così formato viene riscaldato e sottoposto ad una martellatura, la quale ne riduce il diametro ed aumenta la compressione e l'aderenza delle particelle. Questa operazione viene ripetuta fino a raggiungere il diametro della grafite di una matita da lapis, dopo di che è possibile effettuarne le trafilature successive onde raggiungere il diametro voluto.

Qualunque sia il modo di preparare il filamento, la costruzione della lampada richiede molte avvertenze. Il filo che attraversa il vetro deve essere di platino perchè questo metallo ha un coefficiente di dilatazione quasi eguale a quello del vetro, e ciò assicura la chiusura ermetica dell'ampolla di vetro anche con forti variazioni di temperatura. Ciò nonostante si osserva che con il tempo, l'unione del vetro con il platino non si mantiene perfetta, ed un poco di aria riesce a penetrare; l'ossigeno dell'aria si combina con il filamento caldo il quale brucia immediatamente. Il palloncino durante la preparazione della lampada è munito di un tubetto che serve a stabilire la comunicazione con la pompa per fare il vuoto.

Per scacciare interamente i gas dal palloncino, mentre la pompa funziona, si fa passare la corrente nel filamento di carbone e se ne accresce l'intensità a poco a poco fino a renderlo incandescente: ciò favorisce l'espulsione dei gas che sono contenuti nel filamento stesso. Ottenuto il grado voluto di vuoto, con un colpo di fiamma sul tubetto si salda il palloncino. Un vuoto elevato è necessario se si vuole che la lampada dia un buon rendimento.

Quando si indica la intensità luminosa di una lampada ci si riferisce alla *candela orizzontale media* la quale non è altro che la media delle intensità di luce, misurate in tutte le direzioni, in un piano perpendicolare all'asse della lampada e passante per il centro del filamento.

Il rapporto fra il numero di watt assorbiti dalla lampada e l'intensità luminosa, prende il nome di *consumo specifico* della lampada (in watt per

candela); l'inverso, ossia il numero di candele emesso per ogni watt prende il nome di *rendimento della lampada*.

Il consumo specifico di una lampada a filamento di carbone è da watt 3,5 a watt 5 per candela; le lampade con filamento metallico nel vuoto (monowatt) hanno un consumo specifico di poco più di un watt per candela, le lampade con filamento metallico in atmosfera gassosa un consumo di poco più di ½ watt per candela e tanto più vicino a questo limite quanto maggiore è la potenza della lampada.

La durata pratica della lampada a filamento di carbone a 110 watt, con consumo specifico iniziale di 3 watt a candela, è di circa 400 ore. Il suo rendimento va man mano diminuendo con il crescere del periodo di servizio, sia per l'entrata di gas che per la volatizzazione del filamento.

In questi ultimi anni si è riuscito a fabbricare lampade a rendimento luminoso assai più elevato di quelle a filamento di carbone, e queste sono le lampade a filamento metallico di cui si è già parlato.

Nelle lampade a ½ watt, il filamento è costituito da metalli terrosi e nel palloncino vengono immessi gas cosidetti *inerti*, come, ad esempio, l'azoto e l'argon, il cui ufficio è quello di arrestare sul filamento le particelle che volatizzano. Queste lampade si prestano specialmente per forti intensità luminose e se ne hanno in commercio svariati tipi a forte candelaggio.

Il fatto che il rendimento delle lampade a filamento metallico è superiore a quello delle lampade a filamento di carbone è dovuto alle proprietà dei corpi irradianti. Poichè la conduttività dei metalli terrosi è circa 80 volte quella del carbone, per realizzare una determinata resistenza del filamento occorre una lunghezza di filo assai maggiore: di qui l'aspetto ad arcolaio, a zig zag, ecc., dei filamenti delle lampade a filamenti terrosi.

Per quanto esse costino più delle lampade a filamento di carbone, la loro durata è circa il doppio della durata di queste; esse però presentano nel filamento una grande fragilità e per tale motivo non hanno a bordo esclusivo impiego nonostante i maggiori vantaggi.

La d.d.p. indicata sulla lampada indica a quale d.d.p. la lampada in questione deve essere fatta funzionare. Se la tensione a cui si fa funzionare la lampada è inferiore a quella indicata sulla lampada stessa, questa darà:

Meno luce.
Minor rendimento.
Maggior durata.
Maggior costo per ogni candela usata.

E' essenziale quindi che le lampade siano fatte funzionare alla loro esatta tensione, onde avere un massimo rendimento ed un buon servizio dato che, per una determinata quantità di luce, ne consegue una spesa di energia che non compensa affatto la maggior durata della lampada.

Le lampade ricevono la corrente dal porta-lampade al quale vengono fissate. Le lampade ordinarie hanno l'attacco a vite o Edison. Esse vengono avvitate al porta-lampade. Il maschio della vite fa capo ad un estremo del filamento, l'altro estremo fa capo ad una piastrina che limita il fondo della lampada. La tensione arriva alla madrevite del porta-lampade e ad una piastrina fissata nel porta-lampade stesso che fa contatto con la corrispondente piastrina della lampada.

Per alcune lampade di uso speciale si adoperano l'attacco a piuoli e l'attacco a baionetta.

§ 86 — Campanelli elettrici - Telefoni - Telegrafi

Il principio del campanello è quello del cosidetto *interruttore a martello*. Quando una corrente circola in un conduttore avvolto attorno ad un pezzo di ferro dolce lo magnetizza. Il magnete così formato attira un'àncora, ma subito, per una speciale disposizione, la corrente viene interrotta e l'àncora si allontana dal magnete perchè attirata da una apposita molla; il circuito allora tornerà a chiudersi, la elettro-calamita agirà di nuovo e così di seguito.

Il campanello è schematicamente costruito come in (fig. 215) da una elettro-calamita E, davanti alla quale è posta un'àncora di ferro A alla quale è unito il battente N a contatto della campana D. Una molla tiene l'àncora A scostata dalla elettro-calamita E e la obbliga a rimanere a contatto col bottone B.

Se noi mandiamo corrente nel circuito, la corrente percorrerà il tratto 1-2-E-A-B-3-4, ossia passerà per il bottone, l'àncora di ferro, le spire dell'elettro-calamita e tornerà al generatore. Allora la calamita magnetizzata attirerà a sè l'àncora A e quindi il battente darà un colpo nella campana. Ma appena attirata l'àncora, il circuito si interromperà perchè la corrente non potrà più passare da A in B ed allora la elettro-calamita, non più magnetizzata, lascierà l'àncora A in potere della molla che la respingerà a contatto di B. Nuovamente la corrente circolerà e si ripeterà il movimento.

Il telefono.

Il telefono che va sotto il nome dell'americano Bell si compone (fig. 216) di un magnete a ferro di cavallo M che porta infilati sui suoi poli due rocchetti di filo sottile C posti in serie, i cui estremi fanno capo ai morsetti A

dell'apparecchio. Davanti ai rocchetti è fissata per i bordi una sottile lamina di ferro L, la quale entra facilmente in vibrazione, per effetto delle onde sonore, quando le si parla davanti. Due apparecchi simili collegati da una linea permettono la riproduzione della voce a distanza.

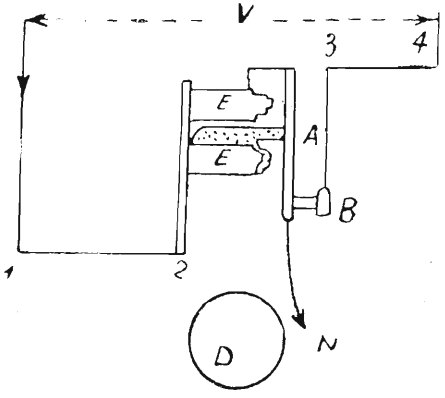


Fig. 215.

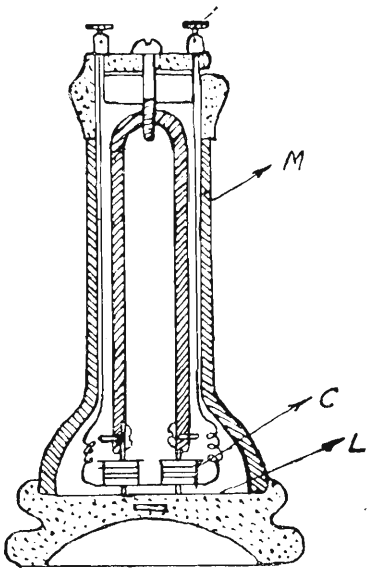


Fig. 216

Infatti, se si parla davanti ad uno dei due telefoni la laminetta, vibrando, modifica continuamente il flusso magnetico abbracciato dai due rocchetti; da ciò nasce in essi una debole f.e.m. indotta, la quale dà origine nel circuito dei due apparecchi ad una debole corrente. Questa, circolando nei rocchetti dell'altro telefono, dà luogo ad un campo magnetico che varia con la stessa legge con cui varia il campo magnetico dell'apparecchio trasmittente; la sua laminetta è quindi sollecitata a vibrare sincronicamente con quella dell'altro telefono e riproduce la voce (fig. 217).

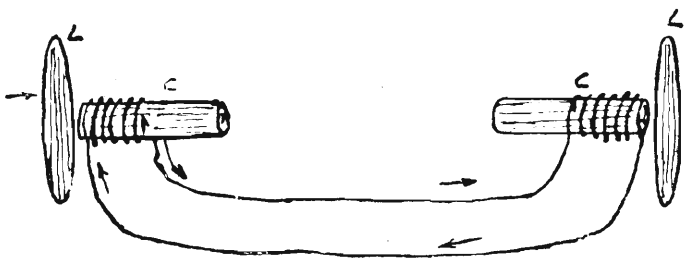


Fig. 217.

Essendo le f.e.m. debolissime, specialmente se la linea, come accade spesso, è lunga, e quindi abbia una certa resistenza, la corrente nel circuito risulta piccolissima e le vibrazioni della lamina ricevente riescono di ampiezza insufficiente per riprodurre la voce in modo sensibile.

Per questo motivo negli impianti telefonici il telefono di Bell è usato esclusivamente come apparecchio ricevente, mentre per la trasmissione, si usano i *microfoni* i quali sono basati sul seguente fenomeno: se due corpi conduttori sono a contatto fra loro, nel punto di contatto si ha una resistenza diversa secondo che i due corpi sono più o meno premuti l'uno contro l'altro.

Questo fenomeno che è poco sensibile con i metalli, lo è molto con i corpi non perfetti conduttori ed in modo speciale con il carbone.

Consideriamo ora la disposizione della figura 218. Alla tavoletta B sono fissati i due prismi di carbone fissi M ed N fra i quali è trattenuto, da apposita cavità, un bastoncino di carbone C in modo che esso abbia una certa libertà di oscillazione. Il circuito di una pila passa dall'uno all'altro dei due prismi di carbone attraverso il bastoncino, e comprende un telefono magnetico. Se si produce un suono in prossimità della tavoletta B essa entra in oscillazione, il movimento comunicandosi agli organi del carbone, produce delle vibrazioni nella pressione con cui il bastoncino mobile si appoggia sui blocchi fissi ed in conseguenza si hanno delle variazioni nella resistenza di contatto che dànno luogo alla loro volta, dato che la f.e.m. della pila è costante, a variazione della intensità della corrente, accusata dal telefono inserito nel circuito.

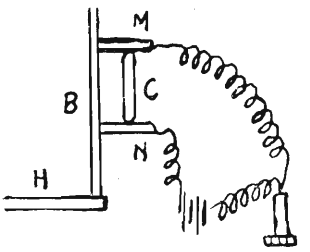


Fig. 218.

Però con tale disposizione non può essere trasmessa la parola. Per rendere il telefono atto alla trasmissione della parola furono adottate svariatissime disposizioni comprese nell'appellativo generale di microfoni, che sono oggi generalmente costituiti da granuli di carbone contenuti fra i due elettrodi dei quali uno è fisso e l'altro è costituito da una lamina che può vibrare sotto l'azione del suono. Le vibrazioni di corrente nel circuito si hanno a causa delle variazioni di resistenza di contatto fra la lamina vibrante ed i granuli di carbone.

Nella figura 219 è rappresentato un microfono il quale consta di una membrana metallica B molto sottile davanti alla quale si parla mediante l'imboccatura A. La membrana appoggia al suo bordo, con l'intermediario di un anello di carta, sopra una scatola di ottone C e al centro poggia contro un blocco cilindrico di carbone E nel quale è praticata una cavità cilindrica

ripiena di granuli di carbone. Il blocco di carbone è fissato alla scatola mediante una vite P; blocco e vite sono isolati dalla scatola metallica. La punta della vite appoggia contro una molla connessa ad un polo della pila, mentre l'altro polo della pila è connesso ad un anello destinato ad impegnarsi in una scatola Q, in modo che questo polo rimane in comunicazione con la membrana.

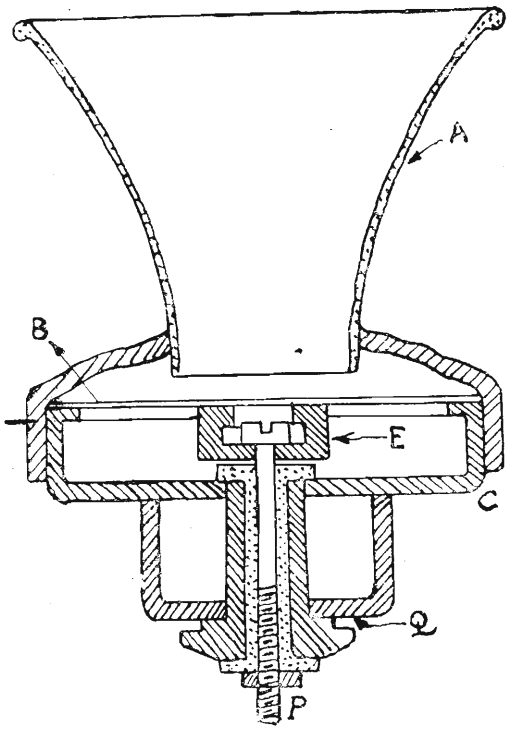


Fig. 219.

Poichè le variazioni di resistenza del microfono risultano molto piccole in confronto della resistenza totale del circuito, anche con questo apparecchio la corrente finisce per avere variazioni insufficienti a fare vibrare in modo sensibile la lamina ricevente. La sola spirale del telefono, che è formata da un numero molto grande di spire sottilissime, offre una resistenza di alcune centinaia di ohm, mentre le variazioni di resistenza fra i contatti di carbone non sono che frazioni assai piccole del suo valore normale. Per rendere più vistosi i fenomeni e più distinta la produzione della voce si usa un piccolo trasformatore.

Nella stazione di partenza si ha un circuito costituito dal microfono M (fig. 220), dalla pila P e dal primario del trasformatore T. E' questo un circuito di piccola resistenza complessiva, in cui sono molto sensibili le variazioni di resistenza prodotte dalle vibrazioni del microfono e risultano quindi anche notevoli le variazioni della corrente che vi circola. Alle variazioni della

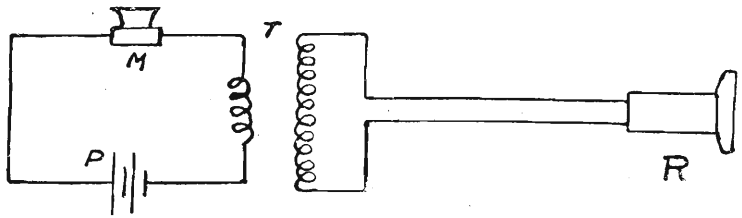


Fig. 220.

corrente nel primario del trasformatore corrisponde nel secondario una f.e.m. indotta e, poichè le variazioni di corrente nel primario e quindi del flusso magnetico prodotto sono come si è detto abbastanza grandi, la f.e.m. nel secondario ha delle variazioni abbastanza ampie per poter produrre nella linea e nel ricevitore R le variazioni di corrente necessarie ad azionare la lamina.

Naturalmente in ogni stazione si deve avere sia l'apparecchio trasmittente che l'apparecchio ricevente, e di più è necessario avere un apparecchio per la chiamata. Se le distanze sono piccole, come apparecchio di chiamata si usa un comune campanello elettrico; più spesso, e specialmente per le grandi distanze, si usano suonerie elettromagnetiche, le quali sono più costose ma garantiscono il funzionamento.

I telefoni in uso sulle RR. NN. sono chiamati *altisonanti* per le loro particolari caratteristiche intese ad ottenere che venga conservata, anzi ingrandita, la forza dei suoni emessi in prossimità del trasmettitore; ciò è ottenuto sia costituendo il microfono in modo che possa essere attraversato da una corrente molto intensa, sia con speciali ricevitori nei quali si hanno per piccole variazioni di flusso ampie vibrazioni della lamina, od anche moltiplicando l'ampiezza di queste vibrazioni con opportuni dispositivi meccanici.

Il telegrafo.

Per due proprietà la corrente elettrica è specialmente adatta per trasmettere le notizie a grandi distanze; la prima consiste nella grande velocità con cui la corrente stessa si propaga nei conduttori, la seconda è che essa si pro-

paga esclusivamente in un cammino assegnato. Si pensò di applicare queste proprietà della corrente alla risoluzione del problema della trasmissione di messaggi utilizzando semplicemente dei conduttori ben isolati colleganti i diversi centri urbani. I primi tentativi comprendevano un *generatore di corrente* (pila), un *interruttore* alla stazione di partenza, un *conduttore* che collegava le due stazioni ed un adatto apparecchio ricevitore il quale poteva rendere manifesto il passaggio della corrente alla stazione di ricezione (fig. 221.) Tale ricevitore era in origine un semplice strumento di misura, ed i segnali si rendevano evidenti con una serie di deviazioni dell'ago dell'apparecchio, ciascuna delle quali corrispondeva ad una chiusura del circuito a mezzo dell'interruttore *i*. Si poteva poi formare un vero alfabeto combinando per ogni lettera un certo numero e specie di impulsi, escondo precedenti accordi. In seguito si semplificò la linea abolendo uno dei fili e servendosi cioè della terra come *conduttore di ritorno;* e difatti se alla stazione di partenza si collega a terra il negativo della pila, il positivo assume un potenziale più alto che quello della terra. Alla chiusura dell'interruttore *i* le cariche positive si scaricano a terra lungo il circuito: linea, ricevitore, terra.

Vediamo un poco più da vicino come possa essere trasmessa la parola scritta:

Nella stazione A (fig. 222), dalla quale si vuole trasmettere un dispaccio alla stazione B, esiste un tasto manipolatore T, formato da una leva metallica

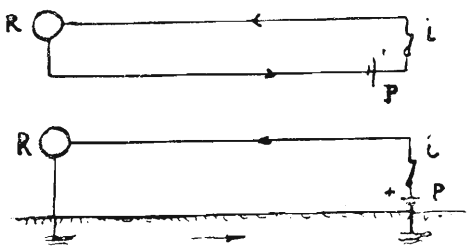


Fig. 221.

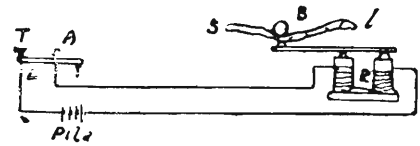


Fig. 222.

girevole in C, che una piccola molla tiene staccata dal contatto L comunicante con un polo della pila. La detta leva, mediante la cerniera, è permanentemente in comunicazione con la linea, la quale, nella stazione B, fa capo ad una elettro-calamita R; l'altro estremo dell'avvolgimento di questa elettro-calamita si collega ad una seconda linea che ritorna alla pila ed alla stazione A. Si vede subito che il circuito resta aperto finchè, premendo sul bottone T, non si porta il manipolatore in contatto con L. Allora la corrente della pila circola nella elettro-calamita R la quale viene così eccitata ed attira

una ancoretta di ferro sovrastante *l* la quale, a circuito aperto, è tenuta discosta da una molla. L'àncora *l*, quando viene attratta dalla elettro-calamita, porta un nastro di carta S in contatto con una piccola ruota intrisa nell'inchiostro oleoso. La carta non è ferma ma si sposta con moto uniforme, mossa da un apparecchio di orologeria, e quindi nel tempo nel quale il tasto è tenuto abbassato in A, una punta scrivente traccia in B un segno continuo sulla striscia di carta.

Evidentemente, tenendo più o meno abbassato il tasto si possono trasmettere dei segni brevi e dei segni lunghi, detti *punti* e *linee*, e, mediante combinazioni predisposte in questi punti e linee, si possono trasmettere le parole dell'alfabeto e quindi le parole e le frasi. Le combinazioni suaccennate formano il cosidetto *alfabeto Morse*, oggi universalmente adottato.

La parte più dispendiosa nelle comunicazioni telegrafiche sono i fili di collegamento fra le stazioni, e perciò bisogna cercare di renderli meno numerosi possibile. Abbiamo già detto che la linea di ritorno fra l'apparato ricevitore della stazione B e la pila della stazione A, può essere soppressa e sostituita con la terra. Di più, combinando gli apparecchi come è indicato nella figura 223, si possono trasmettere dei dispacci servendosi della medesima

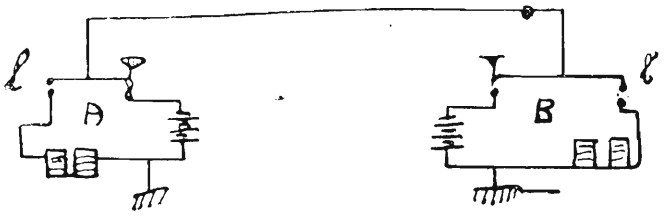


Fig. 223.

linea. I manipolatori quando sono alzati, sono in comunicazione, mediante gli appoggi *l* ed *l'* ciascuno con uno degli estremi dell'avvolgimento dell'elettro-magnete dell'apparato ricevente della rispettiva stazione. Quando sono abbassati staccano la linea, che è in comunicazione con le cerniere, degli apparati riceventi e la mettono in comunicazione ognuno con uno dei poli della rispettiva pila. Gli altri estremi degli elettro-magneti e gli altri poli delle pile sono in comunicazione con la terra. Supponiamo che si abbassi il tasto A, la corrente della pila di questa stazione, per il tasto andrà alla linea, e trovando in B il tasto alzato, passerà all'elettro-magnete dell'apparato scrivente e per la terra ritornerà alla pila della stazione A. Reciprocamente, abbassando il tasto in B il segnale sarà trasmesso da B in A, mediante la corrente fornita

dalla pila di B. Questo sistema di telegrafia si chiama Morse dal nome di chi lo ha inventato ed è quello più comunemente usato.

Un sistema di trasmissione rapida è quella dell'*apparato scrivente Hughes*, del quale accenneremo il principio e che permette di ottenere il messaggio in lettere anzichè in segni convenzionali. Si compone alla stazione ricevente di una *ruota di tipi*, che ha sul contorno, in rilievo, i diversi segni e lettere. La ruota gira con un moto uniforme, mossa dal solito congegno di orologeria, e di fronte ad essa si trova una striscia di carta, in corrispondenza del contorno. Se giunge corrente ad una elettro-calamita, mediante un apposito congegno, la carta viene a premere per un breve istante contro il contorno della ruota e su di essa si imprime *quella lettera che in quell'istante le si trovava di fronte*.

Quando la carta torna in posizione normale si sposta automaticamente di uno spazio che corrisponde all'intervallo fra due lettere consecutive. Cosicchè, se giunge di nuovo corrente, si verrà ad imprimere sulla carta un nuovo segno in prossimità del primo, e così di seguito. Per scrivere una parola bisognerà perciò fare agire l'elettro-calamita a dati istanti consecutivi, e cioè quando si troveranno in giusta posizione le varie lettere di cui abbiamo bisogno.

L'*apparecchio trasmettente* si compone di una tastiera simile a quella delle macchine da scrivere, con le varie lettere dell'alfabeto segnate sui tasti, e dello stesso numero delle lettere che sono impresse sulla ruota dei tipi del ricevitore. Premendo i tasti si provoca il sollevamento di altrettante asticciuole metalliche, disposte lungo una circonferenza ad egual distanza tra loro e nello stesso ordine di successione di quello della ruota dei tipi. Al disopra delle asticciuole gira con moto uniforme una specie di carrello, in modo che questo viene a toccare durante la rotazione quella delle asticciuole che si trova sollevata. Ogni qualvolta avviene un contatto tra il carrello ed una delle asticciuole si lancia corrente alla linea e quindi all'apparato ricevente.

Se ora si regolano le cose in modo che la ruota dei tipi ed il carrello girino con eguale velocità e cioè in *sincronismo*, e si fa in modo che premendo ad esempio, la lettera A' si venga a scrivere A alla stazione ricevente (e cioè con le stazioni in *fase*), è chiaro che per ogni lettera che si batte al trasmettitore si imprimerà una eguale lettera al ricevitore.

Il sincronismo e la messa in fase, si fanno con opportune manovre. Così se si preme A più volte e colui che riceve trova scritto consecutivamente L, M, N, ecc., vuol dire che la ruota dei tipi *corre* troppo e si deve rallentare, agendo sull'apposito meccanismo di regolazione del movimento di orologeria. Ciò sin quando si avrà sempre una stessa lettera, ad esempio, B, B, B, ecc.

Dopo ciò si dovrà operare solo la messa in fase in modo da ricevere A. Anche ciò si fa con un semplice congegno.

La notevole capacità dei cavi transoceanici, i quali funzionano da veri condensatori per la presenza del liquido circostante rende particolarmente difficili le comunicazioni telegrafiche in modo da ostacolare l'uso degli ordinari apparecchi. L'effetto della capacità sulle correnti variabili telegrafiche è quello di produrre una deformazione, per così dire, dei segnali.

E difatti se si lancia corrente da un estremo di un cavo transoceanico si nota che all'altro estremo la corrente è avvertita dallo strumento di misura dopo un tempo che va da una frazione di secondo e cresce poi fino al valore normale di pochi istanti (uno o più secondi). Similmente avviene all'interruzione. In tal modo per non generare confusione fra i segni consecutivi, si dovrebbe trasmettere troppo lentamente, il che contrasta con la necessità economica.

Si ricorre oggi comunemente a speciali ricevitori scriventi, basati sul principio di uno strumento di misura sensibile con equipaggio mobile privo di inerzia e con punta scrivente. I messaggi, in alfabeto Morse, sono ricevuti come una serie di ondulazioni, registrate sulla carta, più ampie per le linee e più brevi per i punti.

§ 87 — **Cenno teorico sui sistemi di punteria generale tipo Girardelli**

Il congegno di punteria generale tipo Girardelli permette di sostituire tutti i puntatori dei pezzi, con due unici puntatori (uno per il brandeggio, ed uno per la elevazione) che ad un apparecchio centrale di punteria seguono costantemente il bersaglio.

Con questo congegno, si ottiene un notevole risparmio di personale e notevolissimi vantaggi nella esecuzione del tiro, che risulta più preciso, e più concentrato per la eliminazione dei numerosi puntatori, ognuno dei quali introduce nella punteria un suo errore ottico personale di apprezzamento, della collimazione centro cannocchiale bersaglio.

Altro notevole vantaggio è la possibilità di iniziare il tiro a distanze maggiori, quando cioè il bersaglio che non può ancora essere visto dai puntatori ai pezzi, situati sul piano di coperta, è invece sufficientemente visibile ai puntatori del congegno di punteria centrale, situato in una coffa elevata di qualche decina di metri sul piano di coperta.

L'apparecchio Girardelli è sistemato sulle grandi navi da battaglia in

coffa di trinchetto e si compone di un apparecchio e di tanti apparecchi ricevitori di brandeggio quante sono le torri e di tanti ricevitori di elevazione quanti sono i pezzi. Il trasmettitore (fig. 224) si compone di una struttura cilindrica A girevole sulla base B con l'interposizione di una corona di sfere: la base B, che risulta fissa allo scafo, è graduata da 0° a 360° di quinto in

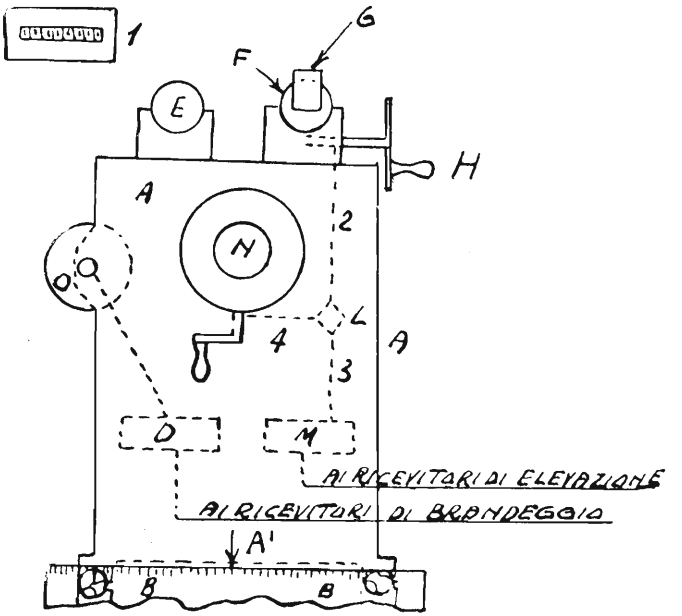


Fig. 224.

quinto grado; l'angolo di cui ruota il cilindro A è indicato dall'indice A'. Lo spostamento di A è provocato dal volantino O del puntatore in direzione il quale punta servendosi del cannocchiale F; nel mentre che il puntatore fa ruotare A, manovra contemporaneamente il commutatore elettrico D. Il volantino H muove il sistema di prismi G onde poter eseguire la punteria di bersagli elevati o depressi e contemporaneamente aziona, attraverso l'asse 2, il differenziale L_e, l'asse 3, il commutatore elettrico M. I commutatori D ed M sono elettricamente collegati ai motori ricevitori di brandeggio e di elevazione.

Questi hanno la forma (fig. 225) di un grande orologio e sono composti di due parti mobili: un disco centrale A ed un anello esterno B, inframezzati da un anello fisso con graduazione C. Il disco centrale A ruota per

effetto del motorino R che segue a sua volta i movimenti del commutatore di brandeggio o di elevazione; l'anello esterno B ruota meccanicamente in relazione ai movimenti di brandeggio e di elevazione dei pezzi. Nel caso della figura 225, che si riferisce ad un ricevitore di elevazione, la trasmissione è rappresentata dai rocchetti H ed X e dagli assi 1 e 2, il tutto azionato dal settore dentato M, solidale con il pezzo.

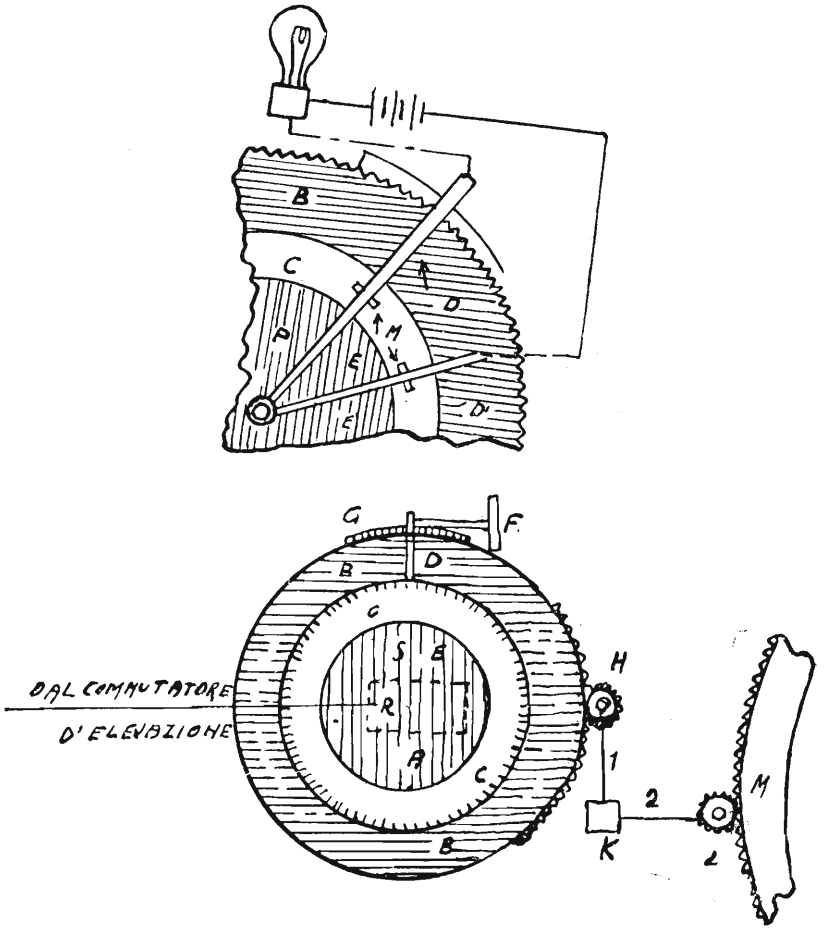


Fig. 225.

Il disco centrale A e l'anello esterno B sono muniti di indici: quelli appartenenti ad A sono chiamati indici elettrici e quelli appartenenti a B indici meccanici. I primi saranno azionati, mediante i commutatori, dal pun-

tatore ed i secondi dai motori di brandeggio e di elevazione delle torri e dei pezzi. Gli indici elettrici, dopo avere assunto una posizione fissa in relazione ai dati del tiro (direzione e distanza), subiranno nel caso di mare agitato, un movimento oscillatorio intorno a questa loro posizione dovuto alle variazioni di punteria per effetto della oscillazione della nave.

I ricevitori di brandeggio e di elevazione sono sistemati in numero sufficiente per ogni impianto ed i destinati alla loro manovra, vedendo spostarsi gli indici elettrici azionano opportunamente i congegni di brandeggio o di elevazione della torre e dei pezzi in modo da agire sulla corona B la quale ruota e quindi ruotano anche gli indici meccanici del ricevitore, inseguendo gli indici elettrici. Il movimento dovrà continuare sino a che le due coppie di indici non siano in collimazione, del che l'operatore sarà informato dall'accendersi di un lampadino spia M guarnito sul ricevitore. In queste condizioni i pezzi risulteranno brandeggiati od in elevazione secondo la punteria eseguita in coffa dal puntatore al cannocchiale.

Contemporaneamente ai movimenti eseguiti dagli indici elettrici per effetto del movimento del cannocchiale di punteria, ad essi possono sempre, tramite i commutatori elettrici D ed M (fig. 224), essere trasmessi i dati del tiro (distanza e direzione) e le loro relative correzioni. Gli apparecchi elettrici del complesso Girardelli comprendono in linea generale:

1°) il gruppo dei commutatori trasmettitori (un trasmettitore D per il brandeggio ed uno M per l'elevazione).

2°) Il gruppo dei ricevitori.

3°) Le linee relative con un quadro di collegamento o smistamento.

§ 88 — **Proiettori**

Scopo del proiettore è quello di riflettere la luce della sorgente luminosa di un'unica direzione, dando luogo ad un fascio luminoso cilindrico.

Ciò si ottiene con gli specchi parabolici i quali emettono raggi riflessi paralleli all'asse principale, purchè la sorgente sia nel fuoco puntiforme. In questa ipotesi la zona illuminata di un piano perpendicolare all'asse focale dello specchio ha le dimensioni della circonferenza del proiettore. Poichè nessuna sorgente luminosa può a rigore essere un punto, il fascio luminoso anzichè cilindrico risulta conico; in un proiettore nel quale il diametro dello specchio sia D = 90 cm., la distanza focale f = 40 cm. e l'altezza della sorgente luminosa 2 cm., l'apertura del cono è 1,10.

L'intensità luminosa del fascio dipende anzitutto dallo *splendore intrin-*

seco (intensità luminosa per unità di superficie) della sorgente; poi dal *potere condensatore* dello specchio, cioè dall'attitudine dello specchio a riflettere un fascio cilindrico anzichè conico, e che cresce col diminuire dell'altezza della sorgente luminosa e col crescere del diametro e della distanza focale dello specchio; infine dal *coefficiente di assorbimento dello specchio*. Questo è minore negli specchi di vetro a superficie posteriore argentata che negli specchi metallici i quali, per evitare una rapida ossidazione, si devono costruire a superficie dorata. Lo specchio metallico presenta invece i vantaggi di non essere inutilizzato se è colpito da scheggie e di non andare soggetto a rompersi come lo specchio di vetro quando, essendosi fortemente riscaldato per una prolungata accensione della lampada, sia colpito da una corrente di aria fredda per improvvisa apertura dei portelli. La maggior parte degli specchi sono attualmente costruiti di vetro.

Il diametro degli specchi dovrebbe essere il massimo possibile, non solo nell'intento di accrescere il potere condensante dello specchio, ma anche perchè tutto il flusso luminoso emesso dall'arco possa essere riflesso dallo specchio: solo ragioni di sistemazione limitano a 90 cm. il diametro degli specchi per i proiettori delle navi, mentre nei proiettori terrestri si raggiungono diametri anche di m. 2,50.

Se si vuole illuminare una zona estesa può essere utile che il fascio di luce sia assai divergente in senso orizzontale. A tale scopo si impiegano sistemi di lenti, che sono lenti piano-cilindriche, convesse, disposte verticalmente davanti al proiettore in modo da intercettare il fascio riflesso.

Se si suppongono i carboni verticali e il positivo in alto ed a partire dal centro dell'arco, si tracciano nelle varie direzioni dei segmenti proporzionali all'intensità luminosa in ciascuna direzione e si congiungono con una curva gli estremi di tali segmenti, si ottiene il così detto *diagramma fotometrico*, cioè una curva che mostra come varia l'intensità luminosa con la direzione. Tale curva è rappresentata nella figura 226.

Il massimo dell'intensità luminosa si ha in una direzione che fa con l'orizzontale un angolo compreso fra 40° e 60°.

Per questo motivo nei proiettori i carboni si disponevano inclinati in modo che la direzione della massima intensità luminosa coincidesse con l'asse dello specchio e che il cratere si trovasse nel fuoco dello specchio, e rivolto verso di esso. Difficoltà sia costruttive che di regolazione hanno portato a sostituire la disposizione accennata con quella orizzontale, in maniera che il cratere sia rivolto verso lo specchio.

Con uno specchio abbastanza ampio per raccogliere la maggior parte dei

raggi luminosi emessi dalla sorgente (fig. 227) l'utilizzazione della luce risulta così maggiore. Il carbone negativo deve essere sottile quanto più è possibile allo scopo di rendere minimo il cono d'ombra da esso proiettato sullo specchio.

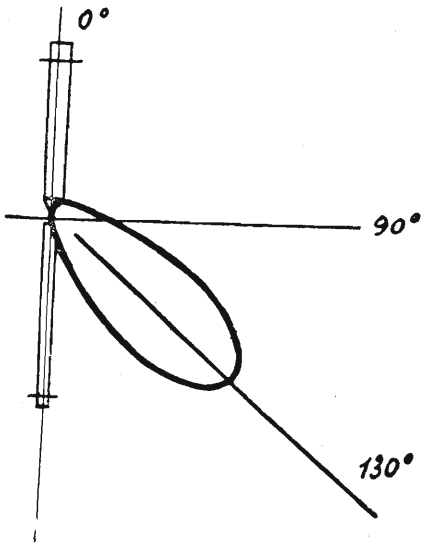


Fig. 226.

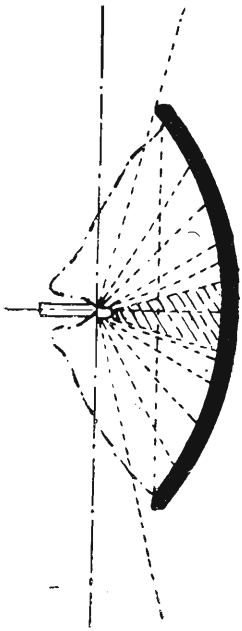


Fig. 227.

Proiettore Sperry. — Esso rappresenta un importante progresso dovuto alla realizzazione di un maggiore splendore intrinseco della fonte luminosa, che è stato ottenuto adoperando carboni contenenti sali minerali, i quali all'incandescenza, emettono un notevole flusso luminoso.

Mentre negli altri tipi di proiettori lo splendore intrinseco è dovuto al solo cratere positivo, ed oscilla fra 120 e 130 candele per m/m^2, nel proiettore Sperry alla luce emessa dalla superficie incandescente del carbone positivo, si somma quella data dai sali volatizzati, per cui lo splendore intrinseco dell'arco raggiunge le 500 candele per m/m^2.

Vi sono due tipi di proiettori Sperry: da 90 cm. e da 150 cm. entrambi zenitali.

La lampada del proiettore Sperry è da 150 ampères. E' orizzontale con regolatore in derivazione, per cui la regolazione dell'arco è comandata soltanto dalla tensione esistente agli estremi dell'arco stesso.

Questo funziona a 73 volts, con carboni di differente diametro (positivo di mm. 16 e animato; negativo di mm. 11 animato e ramato).

Le principali caratteristiche della lampada sono le seguenti:

1 - Bracci portacarbone fissi, con carboni scorrevoli.

2 - Raffreddamento dei carboni a mezzo di corrente d'aria iniettata attraverso i bracci che sono perciò tubolari.

3 - Rotazione intorno al proprio asse del carbone positivo; in modo da mantenere il cratere di forma regolare.

4 - Scorrimento, a mezzo del congegno automatico, del solo carbone negativo, perchè la distanza fra i carboni resti costante.

5 - Movimento (solo in avanti) automatico del carbone positivo, comandato da un apparecchio chiamato termostato, il quale fa sì che il cratere si mantenga sempre nel fuoco dello specchio.

6 - La lampada ha un motorino, il cui movimento mediante opportuni ingranaggi produce:

a) La rotazione del carbone positivo;

b) L'avanzamento del carbone negativo, quando entra in funzione il regolatore dell'arco;

c) L'avanzamento del carbone positivo, quando entra in funzione il termostato;

d) Il movimento del ventilatore.

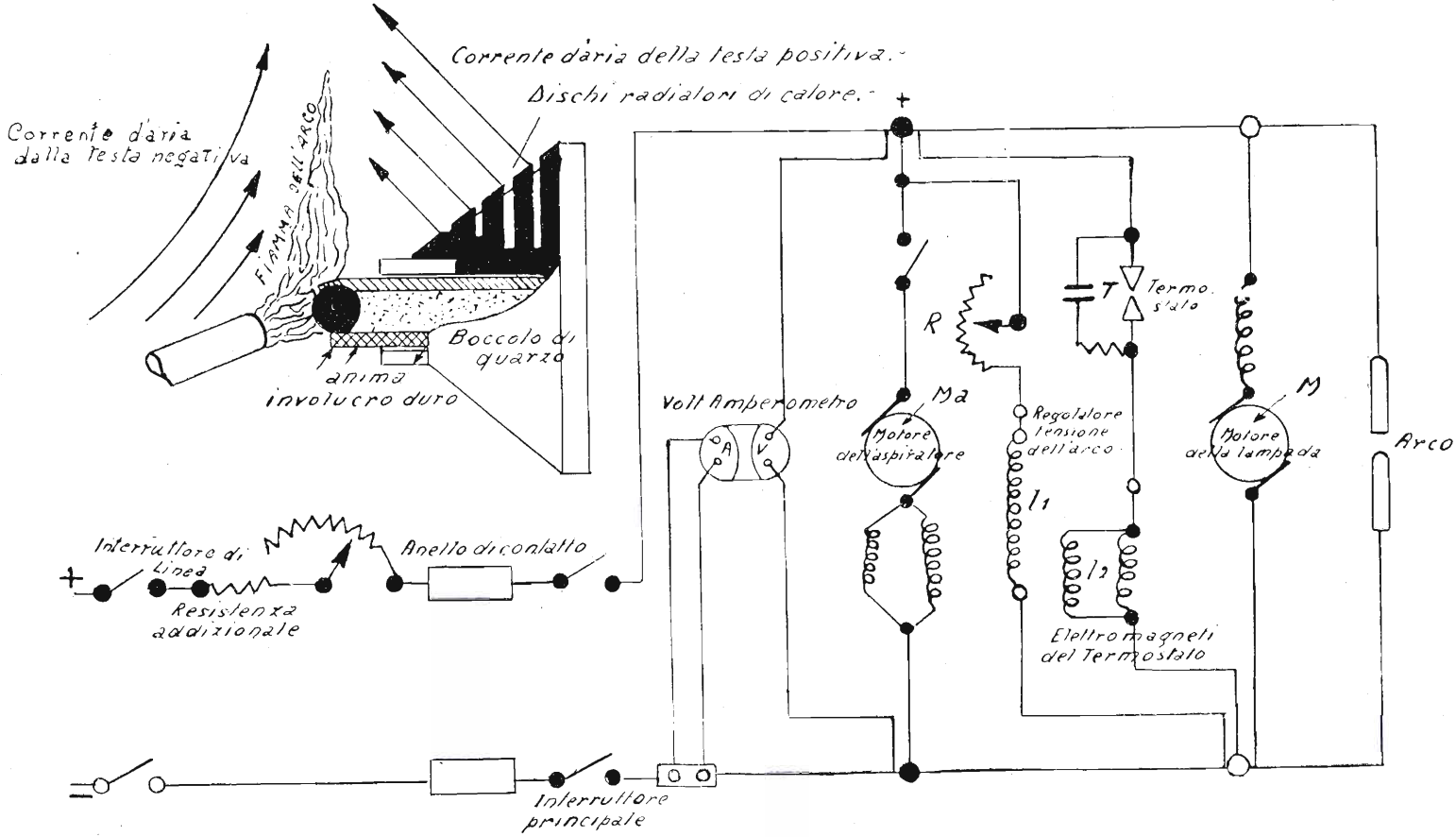
Come si vede il motorino è un organo essenziale per la lampada la quale deve essere messa senz'altro fuori servizio qualora per una ragione qualsiasi esso si arresti.

Lo schema degli apparecchi di regolazione della lampada è rappresentato dalla figura 228. La regolazione è a tensione costante. Il motorino (M) del proiettore è ad eccitazione in serie. Esso è continuamente in movimento, ed entra in funzione automaticamente fino da quando si dà corrente alla lampada.

Il *raffreddamento* si ottiene con aria iniettata da un ventilatore (mosso dal motorino anzidetto) entro i due bracci porta carbone.

L'aria mandata al supporto positivo non investe mai direttamente il carbone per non provocarne la combustione, ma passando attorno ad appositi dischi radiatori, sfugge da sfinestrature ristrette (con alette di riparo) praticate superiormente alla cuffia tronco conica, con cui finisce il sostegno verso l'arco. Detta cuffia termina in una boccola di quarzo fuso, che circonda la parte più calda del carbone positivo. La boccola può bruciare facilmente, specie quando non si ha ancora pratica nella regolazione, e costituisce un lato debole della

Proiettori Sperry Zenitale da 150 cm.-
Schema delle connessioni.- Fig. 228.-



lampada. E' in ogni modo opportuno possederne qualcuna di rispetto. L'aria mandata al carbone negativo (in minore quantità per la maggiore lontananza del braccio dell'arco) investe il carbone stesso, che è protetto contro l'ossidazione da una leggera ramatura.

La regolazione di tensione dell'arco. — Si ottiene, come si è visto con il solo avanzamento del carbone negativo. Il comando è fatto dall'ancoretta di un elettromagnete (1_1) in derivazione sugli estremi dell'arco, e sistemata nella base della lampada, ma il movimento di scorrimento del carbone è dato sempre dal motorino di cui sopra. L'elettromagnete è a succhiamento. L'ancoretta viene attratta più o meno, a seconda delle variazioni di tensione dell'arco dovute al consumo dei carboni, ed a sua volta compie l'ufficio di asservire il movimento persistente (continuo ed opportunamente trasformato) del motorino della lampada, alla rotazione alternativa di un complesso di assi e ingranaggi che fa capo a due rulli, prementi sul carbone negativo. Detto carbone quindi scorre avanti o indietro nel proprio supporto fino a ristabilire il valore normale della tensione dell'arco. L'attrazione dell'ancoretta è bilanciata da una molla regolabile con la quale si può variare la tensione, e quindi la lunghezza dell'arco, oltre a ciò, nello stesso circuito dell'elettromagnete è inserita una resistenza R regolabile a mano, sistemata sul proiettore esternamente alla lampada, con tale resistenza come a mezzo della molla anzidetta si può pure variare la lunghezza dell'arco.

Il carbone negativo può essere avanzato anche a mano a mezzo di una manovella sporgente dalla base della lampada.

Il supporto del carbone negativo è sviluppato nel senso dell'asse della lampada, in modo da rendere minimo l'occultamento del cratere allo specchio. Il complesso elettrico e meccanico per la regolazione dell'arco è molto robusto, e di regolare funzionamento. All'estremità del supporto il carbone negativo è circondato da un cilindretto di rete metallica allo scopo di impedire che nel funzionamento zenitale del proiettore, le eventuali perline di rame fuso, proveniente dal carbone negativo ramato, investano e danneggino il meccanismo esistente nel rapporto stesso.

All'innesto dell'arco provvede automaticamente lo stesso regolatore ora descritto, facendo avanzare il carbone negativo, fino a contatto col positivo, non appena si mette sotto tensione la lampada. Appena scocca l'arco il carbone negativo è poi subito automaticamente tirato indietro, fino a che non si ha la lunghezza normale dell'arco stesso, l'innesco avviene in pochi secondi, perchè il motorino della lampada gira ad una velocità superiore alla normale quando l'arco non si è ancora formato, essendo in derivazione sui carboni. E', pertanto necessario, prima di mettere la lampada sotto tensione, verificare che

i carboni siano all'inizio spostati, poichè in caso contrario il motore della lampada non potrebbe avviarsi.

La rotazione del carbone positivo intorno al proprio asse si ottiene con lo stesso movimento continuo del motore della lampada, opportunamente utilizzato a mezzo di assi verticali e ingranaggi appositi. La parte anteriore però del supporto positivo, contenente i dischi radiatori, cuffia e boccola di quarzo, non gira. La corrente al carbone positivo in continua rotazione, è portata per mezzo di quattro spazzole d'argento (due per lato), premute contro il carbone da apposite molle.

Per regolare l'*avanzamento del carbone positivo*, allo scopo di mantenere sempre l'arco nel fuoco dello specchio, vi è uno speciale dispositivo chiamato *termostato*. Sul carbone positivo e ruotanti con esso, sono premuti per mezzo di molle due rulli facenti parte di un complesso di ingranaggi, che ruota anch'esso. Rulli ed ingranaggi sono immobili però rispetto al carbone positivo, fino a quando non interviene un apposito organo. Questo è comandato da una lunga asta verticale, la quale provoca col suo sollevamento l'avanzamento del carbone positivo. Finchè l'asta è sollevata, il carbone ad ogni giro riceve un piccolo impulso, avanzando nel suo supporto. Il sollevamento di detta asta si produce per mezzo dell'ancoretta di un elettromagnete l_2 sistemato nella base della lampada, e derivato al solito sull'arco. Sullo stesso circuito è inserito il termostato T, il quale, aprendo o chiudendo il circuito, come vedremo, fa sollevare o no l'asta verticale. Esso è pertanto il vero organo automatico di comando per l'avanzamento del carbone positivo. Notiamo in ogni modo che tale movimento può ottenersi anche a mano, sollevando la suddetta asta verticale per mezzo di una leva, che ha un'appendice sporgente posteriormente dalla base della lampada.

Il termostato non è in sostanza che un interruttore unipolare che si apre o si chiude per dilatazione dei suoi organi, sotto l'influenza del calore. E' costituito da due laminette metalliche fissate ad un'estremità, e attaccate a leve moltiplicatrici all'altro estremo. Queste leve alle loro estremità libere, portano dei contatti che si allontanano quando un raggio di luce emesso dall'arco, e riflesso da uno speciale specchietto, cade sopra una delle lamine metalliche, dilatandole. Mentre il termostato è sistemato da un lato del proiettore, esternamente, lo specchietto riflettente è messo dal lato opposto del fanale, internamente. Le cose sono disposte in maniera che, quando il cratere della lampada è nel fuoco dello specchio del proiettore, il raggio riflesso dell'arco colpisce, attraverso una stretta apertura nel fanale, una delle lamine del termostato. Questa, dilatandosi, allontana i contatti ed apre il circuito. Quando

però, in seguito al consumarsi del carbone positivo, il cratere si sposta, il raggio riflesso non colpisce più la lamina del termostato: questa si raffredda, e, contraendosi, avvicina i contatti, chiudendo il circuito dell'elettromagnete. L'ancoretta di questo, attratta, mette in azione il meccanismo di avanzamento del carbone positivo, riportando il cratere in fuoco. Lo specchietto riflettente può regolarsi nell'orientazione a mezzo di una vite sporgente del fanale.

Il sistema di costruzione del termostato a due leve porta contatti ed a due lamine, fa che esso sia perfettamente compensato e non suscettibile di essere influenzato dalle variazioni della temperatura ambiente.

Lo sviluppo piuttosto elevato di gas che si ha con questo tipo di arco obbliga ad una estrazione degli stessi dalla lanterna del proiettore, mediante un estrattore mosso dal motore M_a e ciò resta agevolato dalle correnti d'aria che provengono dai portacarboni.

§ 89 — **Proiettore Sperry-Galileo**

La Ditta Galileo di Firenze, concessionaria di brevetti Sperry per la riproduzione dei proiettori di tale tipo, ha apportato al proiettore Sperry alcune innovazioni e migliorie.

Il vantaggio principale di questo proiettore *Sperry-Galileo* è da attribuirsi quasi unicamente alla lampada ad arco Sperry ed ai suoi speciali carboni. Tale lampada dà una intensità di luce di gran lunga superiore a quella degli ordinari proiettori da cui si differenzia parecchio.

I carboni usati sono del genere di quelli già da tempo impiegati per le lampade stradali e cioè impregnati di sali di terre rare quali il Cerio ed altri. L'arco Sperry fornisce un grande splendore intrinseco, poichè mediante opportuni dispositivi la fiamma dell'arco non si apre a ventaglio. Invece tutti i gas vengono concentrati nel cratere positivo della fiamma che emana dal carbone negativo, in modo che la luce ottenuta è la somma di quella data dalla superficie incandescente del cratere positivo e di quella procurata dai sali minerali volatilizzati, contenuti entro il cratere.

Ciò dà luogo ad uno splendore intrinseco di circa 500 candele per m/m^2 mentre lo splendore intrinseco di un arco ordinario varia da 120 a 160 candele per m/m^2.

In sostanza il proiettore *Galileo-Sperry* non è altro che il vecchio tipo Galileo (sbarcato dalle nostre navi) in cui è stata sostituita la vecchia lampada « Pasqualini » con quella « Sperry ». Si è aggiunto, per necessità di fun-

zionamento della lampada Sperry, l'aspiratore dei prodotti della combustione e la scatola del *termostato* con i relativi accessori.

La vera ed originale modifica apportata dalla Ditta Galileo alla lampada Sperry è la disposizione per il rovesciamento della fiamma, eliminando così il grave inconveniente dei proiettori Sperry; cioè quello di illuminare il terreno immediatamente antistante al proiettore per effetto della sviluppata fiamma dell'arco, riflessa in basso dallo specchio.

Proiettore. — Il proiettore propriamente detto, si presenta nella forma non dissimile dei proiettori ordinari. E' fornito della manovra a distanza sia per il brandeggio che per l'elevazione, e la chiusura o l'apertura dell'oscuratore ad iride può egualmente venire eseguita a distanza. Il proiettore è zenitale.

Poggia su di uno zoccolo (1) (figg. 229, 230, 231) che sostiene tutta la costruzione. Su di esso sono sistemati:

a) le prese di corrente principali (2) che portano corrente ai due anelli (3) (fig. 230) interni alla piattaforma;

b) la leva (4) dell'interruttore bipolare principale;

c) una valvola bipolare con presa di corrente (5) (fig. 229) per una lampada portatile;

d) un innesto femmina a sei spine (6), per il collegamento elettrico del proiettore alla cassetta (7) dei motori;

e) un innesto femmina a sette spine, per collegare elettricamente il proiettore al manipolatore per la manovra a distanza;

f) un anello di ottone (8) con linee di fede e graduazione per la lettura degli angoli azimutali.

Sullo zoccolo poggia infine, ma in maniera da poter liberamente ruotare, la *piattaforma* (9).

Nell'interno della piattaforma vi sono due spazzole sfreganti sugli anelli (3) che, come si è detto, portano la corrente principale; ed inoltre vi è una terza spazzola strisciante su di un altro piccolo anello che porta la corrente al meccanismo per la chiusura od apertura a distanza dell'oscuratore ad iride. Vi sono inoltre gli ingranaggi per la riduzione della velocità nel movimento di brandeggio ed elevazione. Sopra la piattaforma sono sistemati i due volantini (10) e (11) per la manovra a mano dei movimenti del proiettore.

Il volantino (10) di brandeggio può essere reso folle dalla piattaforma

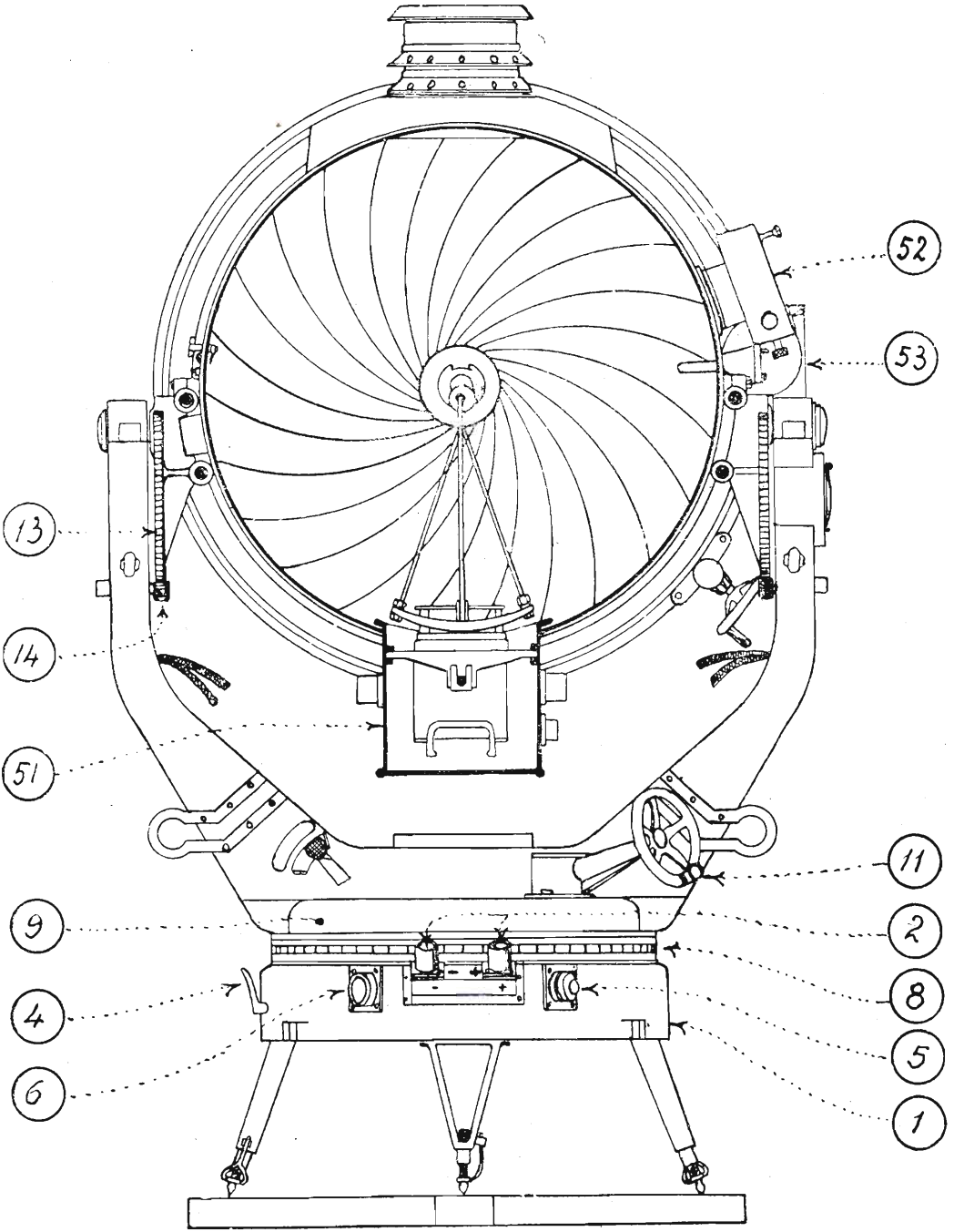


Fig. 229.

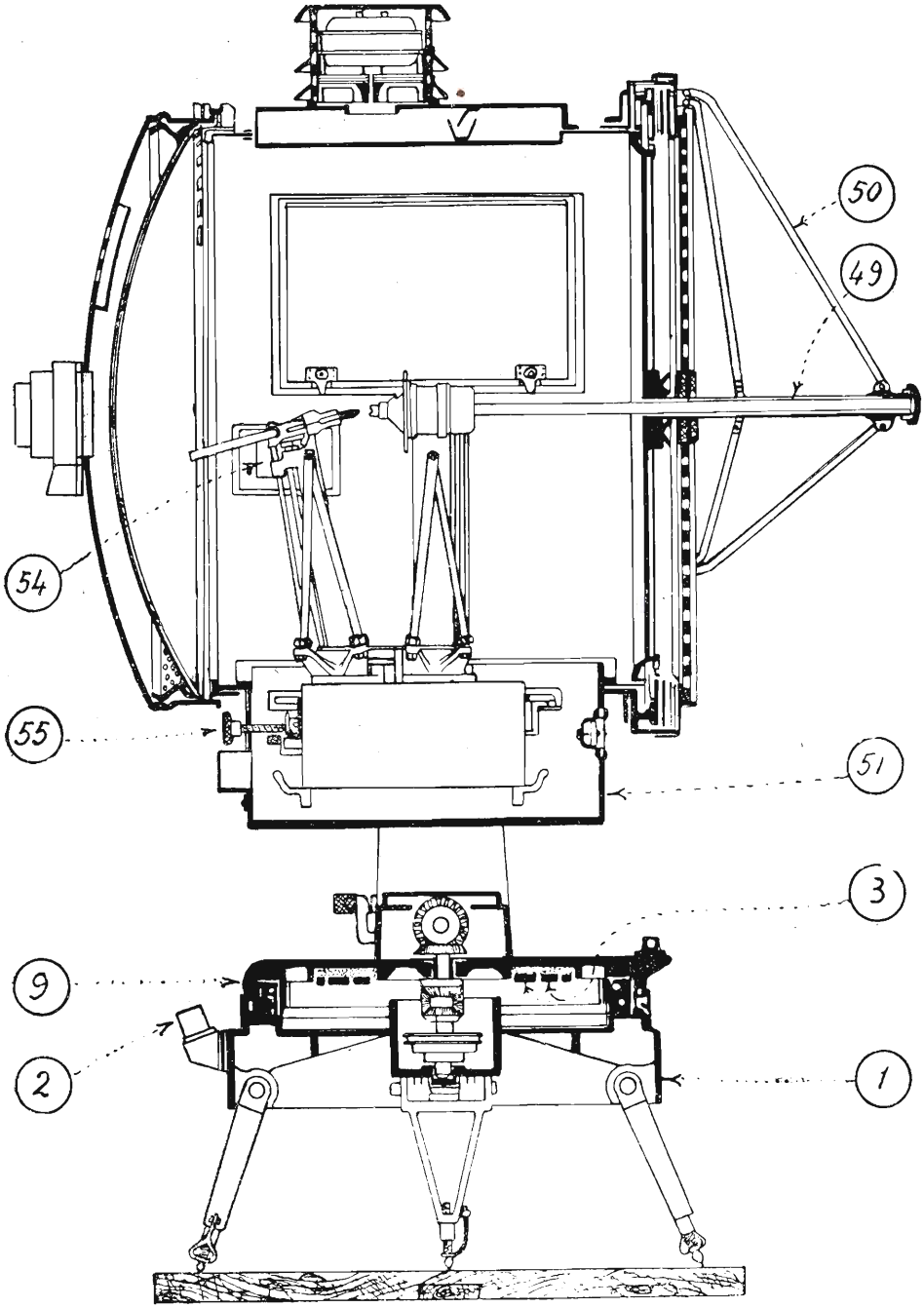


Fig. 230.

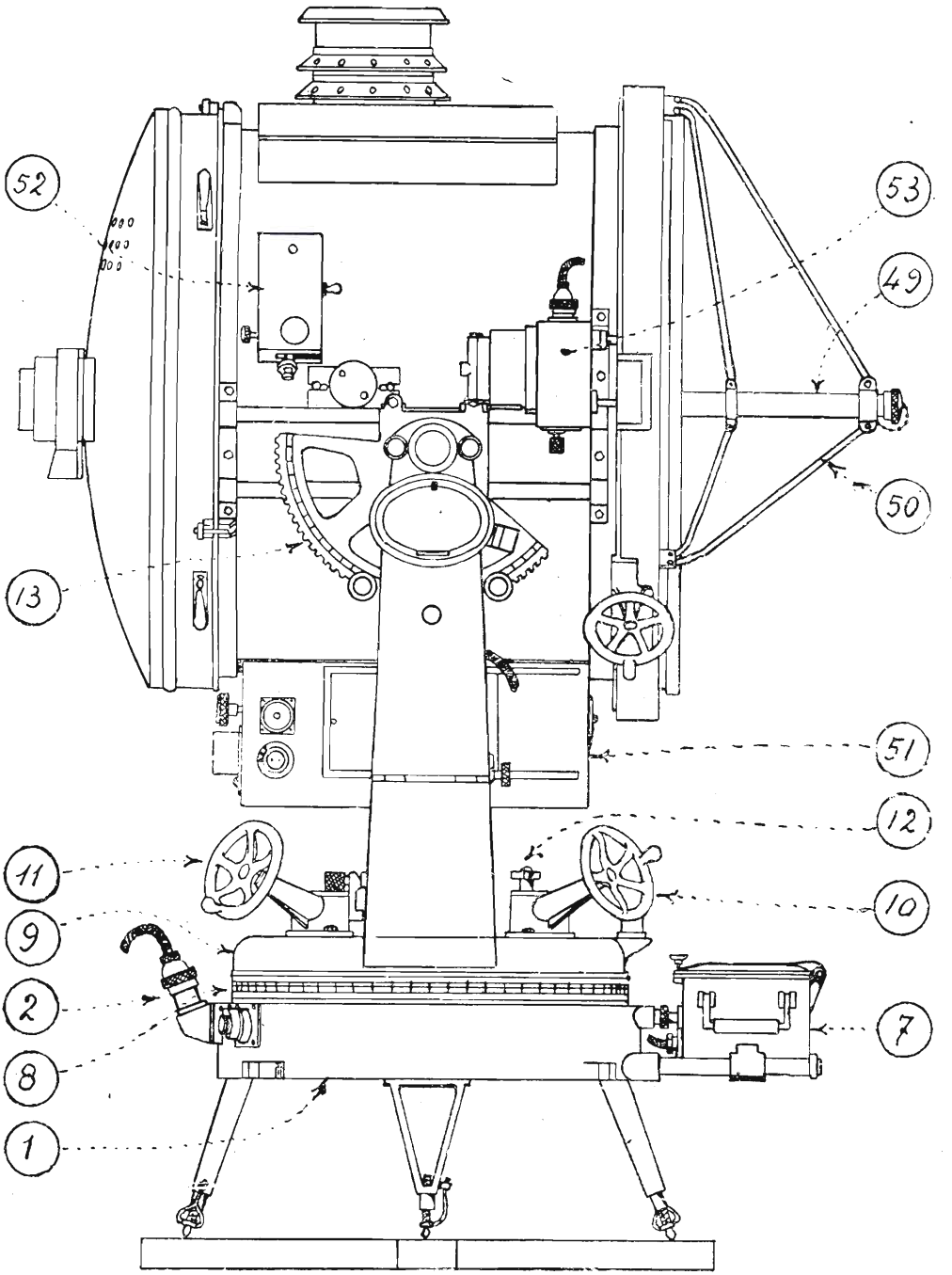


Fig. 231.

mediante il bottone a stella (12) (fig. 231) che avvitato collega e svitato libera la piattaforma. Quando il brandeggio sarà fatto a distanza elettricamente ricordarsi bene di accoppiare il volantino (10) di brandeggio avvitando completamente il bottone a stella. In caso contrario girerebbe il motorino elettrico e l'anello circolare (3), ma la piattaforma e quindi il proiettore rimarrebbero fermi.

La figura 232 mostra gli ingranaggi vari per i movimenti zenitali ed azimutali del proiettore sia con manovra a mano che con quella elettrica. I dispositivi sono fatti in modo che si possa sempre ed in qualsiasi momento manovrare sia a mano che elettricamente senza compiere alcuna manovra.

Manovra verticale o zenitale. — Il proiettore ruota per effetto dei due settori laterali (13) (fig. 229) che ingranano con due ruote dentate (14) a loro volta collegate mediante ruote dentate coniche all'asse con ruota dentata (15) (fig. 232). L'asse (16) alle cui estremità sono fissate le due ruote dentate (17) può essere oppur no ingranato con la ruota (18) folle sui di esso, mediante il giunto (19). La ruota (18) ingrana con la (20) calettata sull'asse (21) sulla cui estremità inferiore è fissata la ruota dentata (22). Quest'ultima ingrana con (23) a cui è collegata di fusione la ruota dentata (24) a sua volta ingranata alla ruota (25) folle sull'asse (21) e fissata alla sua estremità ai due semiasse (26).

Sulle estremità di questi possono ruotare folli i due satelliti (27), che sono poi quelli che permettono in qualsiasi momento la manovra a mano o elettrica.

I due satelliti (27) ingranano a loro volta sulle due ruote dentate (28) e (29) rispettivamente di ferro con le ruote e denti elicoidali (30) e (31).

La (30) riceve movimento dalla vite senza fine (32) dal motorino elettrico, la (31) da quella (33) all'estremità dell'asse (33) della manovra a mano (11).

Ruotando (32), ruotano gli ingranaggi (30) e (28).

Essendo la ruota (29) fissa (per la irreversibilità del meccanismo: ruota elicoidale vite senza fine) (33) ruotano i due satelliti (34) trasportando il pezzo (35) la ruota (25) quella (24) ad essa ingranata, la ruota (23) e quindi la (22) e cioè l'asse (21).

Manovrando invece a mano (11), ruota (33) e quindi l'ingranaggio (31) con quello (29). I satelliti ruotano perchè fissa la ruota (28) e trasportano ugualmente il pezzo (35) e l'ingranaggio (25) come detto avanti.

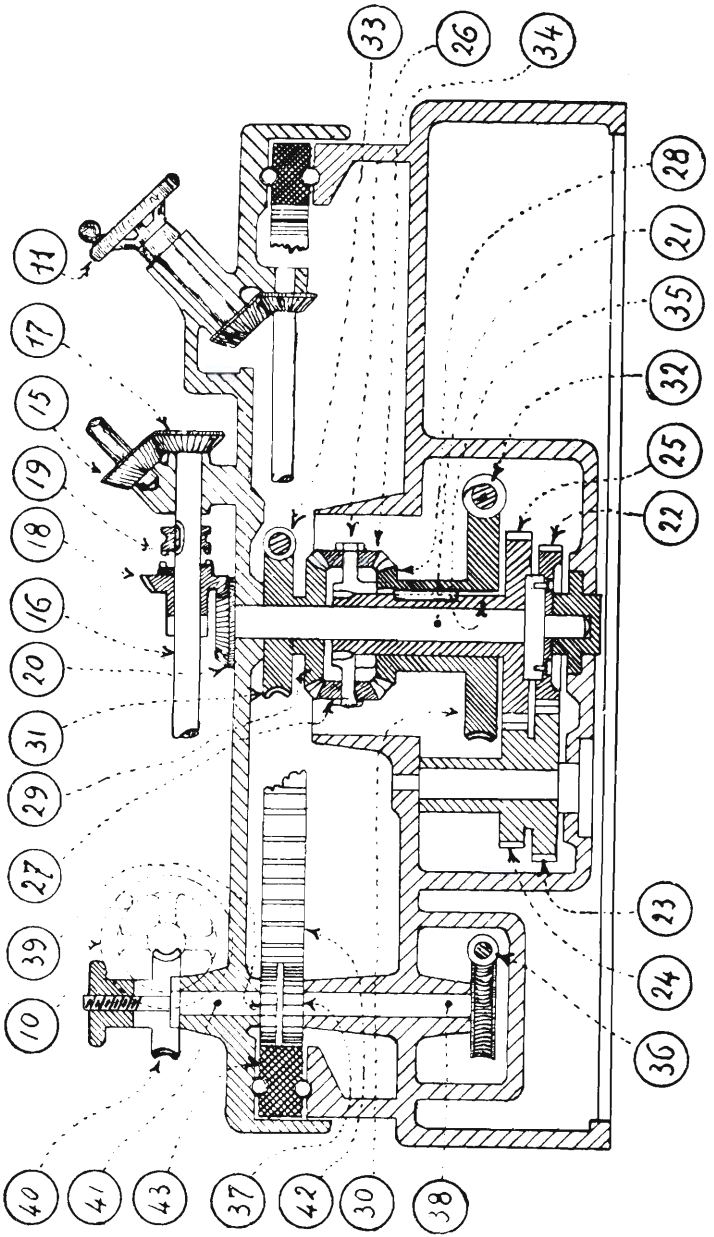

33
26
34
28
21
35
32
25
22
11
17
15
19
18
16
20
31
29
27
39
10
23
24
36
40
41
43
37
42
30
38

Fig. 232.

Manovra azimutale od orizzontale. — Il movimento orizzontale può essere impresso elettricamente mediante l'asse (36) ed a mano dal volantino (10).

Da (36) si comunica il movimento a mezzo di vite senza fine e ruota a denti elicoidali alla ruota dentata (37) mediante l'asse (38). Egualmente da (10) si comunica movimento alla ruota (39) a mezzo del collegamento vite senza fine-ruota elicoidale (40) ad asse (41). Ambedue le ruote dentate (37) e (39) ingranano internamente ad una cremagliera circolare (42) a cui è fissato esternamente l'anello (43) che la sostiene e che poggia inferiormente, a mezzo di sfere, sullo zoccolo e superiormente alla piattaforma mobile. I due assi (38) e (41) sono indipendenti.

Se il moto viene trasmesso da (36) che è fisso, ruota l'ingranaggio pure fisso allo zoccolo (37). La cremagliera (42) e quindi l'anello (43) ruotano insieme al proiettore, facendo lavorare le sfere inferiori.

La ruota (39) rimane ferma e ruota in blocco insieme a tutta la piattaforma.

Manovrando da (10) a mano, ruota l'ingranaggio (39) e siccome la cremagliera (42) è fissata mediante la ruota dentata (37) irreversibile, la piattaforma girerà con tutto il volantino. L'anello (43) rimarrà fermo e lavoreranno le sfere superiori.

Tutto il meccanismo dei rotismi, per quanto complesso, non può dare luogo ad avarie essendo chiuso e protetto.

La piattaforma porta una graduazione in 640 parti distribuita su tutta la circonferenza. Ogni divisione equivale a 10 millesimi convenzionali.

Motori per la manovra a distanza. — Sono tre e possono essere manovrati dal controller rappresentato nella figura 233. I due motori per l'elevazione ed il brandeggio sono sistemati sullo zoccolo nella cassetta (7) (fig. 231). Quello per la chiusura ed apertura dell'oscuratore ad iride sul fanale, a dritta. Tutti e tre i motori sono ad eccitazione indipendente ed i loro magneti restano costantemente eccitati, derivati direttamente tra il + ed il —. Un fanaletto spia, manovrato da un commutatore sul fanale, permette di verificare se il motorino dell'oscuratore è eccitato.

L'inversione di marcia nei motori, si ha invertendo corrente nell'indotto. Tale inversione, viene fatta nell'interno del controller per i motorini di elevazione e di brandeggio; ed a mezzo di un apposito *relais* manovrato dal volantino (44) per l'oscuratore (fig. 234).

Il motore di brandeggio e quello di elevazione consentono molteplici variazioni di velocità, mediante variazioni della tensione applicata al mo-

tore. Questa si cambia inserendo con un manipolatore (a quattro movimenti: alto, basso, dritta, sinistra, e che provvede anche alla inversione del moto), un numero variabile di spire nel divisore di tensione R.

Sia R la resistenza totale del divisore di tensione A B (fig. 233), divisa in parti uguali; V la caduta di tensione A B; v la caduta di tensione A C fra le spazzole del motore M.

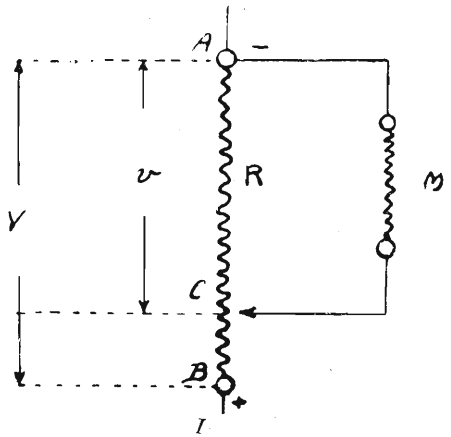


Fig. 233.

Variando col manipolatore la posizione del contatto mobile C, si applica al motore una tensione variabile e quindi si ha una velocità variabile di esso.

Il manipolatore è rappresentato nella figura 234.

Esso è un controller portatile nel quale sono sistemati:

1. — Una presa di corrente (45), a sette spine.

2. — Un interruttore generale (46), posto di fianco.

3. — Un volantino (47), per il comando dei movimenti orizzontali del proiettore, il quale gira nello stesso senso della rotazione del volantino.

4. — Un volantino (48), posto di fianco, all'altezza dell'interruttore, per la manovra dei movimenti verticali, il quale gira nello stesso senso della elevazione del proiettore.

5. — Un volantino (44), posto di fianco all'altezza dell'interruttore per la manovra dell'oscuratore.

6. — Le resistenze costituenti il reostato, contenute nell'interno della colonna.

Il cavo per la manovra a distanza è costituito da 7 fili dei quali uno positivo, uno negativo, (quattro (1-2-3-4) che portano a due a due la corrente

a ciascuno dei motorini per la manovra verticale ed orizzontale, ed un settimo che serve per l'apertura e la chiusura del circuito di comando dell'oscuratore.

Fanale. — Serve essenzialmente ad impedire la diffusione laterale della luce ed a tenere giustamente piazzati lo specchio e la lampada.

Anteriormente il fanale è chiuso dall'oscuratore ad iride e dalla porta

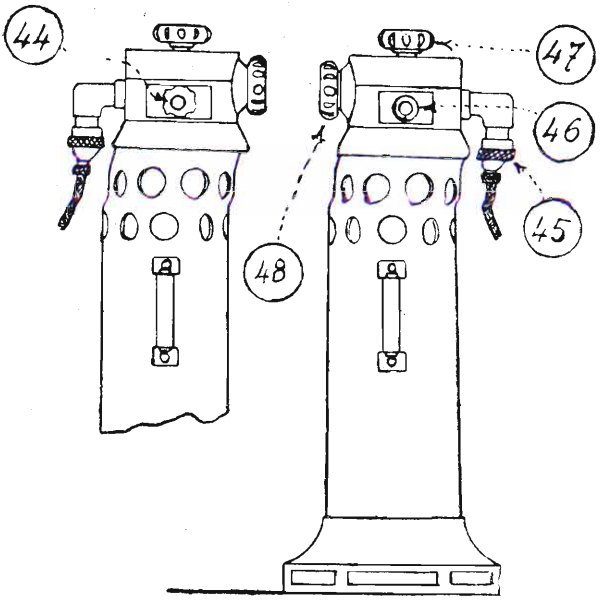


Fig. 234.

piana che ha al centro un tubo (49) (figg. 230 e 231) fissato da un sostegno a treppiede (50) per la protezione del carbone positivo.

Posteriormente è chiuso dallo specchio col portaspecchio ed inferiormente dalla cassetta della lampada (51).

Il fanale ha superiormente un camino con elettroaspiratore dei prodotti della combustione. Lateralmente, dalla parte destra, vi è il *termostato* (52) (figg. 229 e 231) ed il motorino per l'apertura a chiusura dell'oscuratore (53). Dalla scatola che contiene tale motorino sporge inferiormente una leva che serve a passare dal funzionamento elettrico dell'oscuratore a quello a mano. A sinistra del fanale trovasi la scatola di protezione (54) (fig. 230) dello specchietto per il comando termostatico; su tale scatola sono praticati due fori con tappo a vite che possono dare allo specchietto un giuoco verticale ed orizzontale.

Dei due settori dentati (13), che servono per la manovra di elevazione uno è esternamente graduato in millesimi (ogni graduazione è 10 millesimi convenzionali).

Dal cassone (51) della lampada sporgono le viti (55) per la messa a fuoco della lampada, gli innesti per il cavo della corrente principale della lampada, l'innesto a tre vie per il comando dell'oscuratore e l'innesto per il ventilatore dello specchio.

Lo specchio è parabolico, di vetro molato. I prodotti della combustione lasciano abbondanti depositi sullo specchio, ed occorre pulirlo molto leggermente dopo ogni accensione. Usare un pannolino finissimo e *pulito* imbevuto di alcool; oppure un pennellino per la polvere.

Lampada. — E' quella Sperry a sua volta ricavata e perfezionata dalla lampada Beck. Funziona ad alto voltaggio e precisamente ad una tensione che si aggira attorno ai 75 volts. L'intensità normale è di 150 ampère.

La lampada è automatica e può solo in parte funzionare a mano. Ha carboni speciali ad alta densità di corrente e ad effetto bianco. I carboni sono molto lunghi perchè si consumano rapidamente. Una coppia dura circa tre ore.

Il diametro del carbone positivo, non ramato, è di 16 m/m (larghezza m/m 940).

Il diametro del carbone negativo, ramato, è di m/m 11 (lunghezza m/m 300).

L'effetto bianco si ottiene costruendo il carbone positivo con un'anima interna a base principalmente di cerite, minerale composto di terre rare (Cerio, ecc.).

Per questa sua speciale composizione, il carbone positivo brucia più rapidamente nel suo interno che non nell'involucro e s'incava, creando un profondo cratere atto a contenere i vapori luminosi nei quali si trasforma l'anima stessa. Sono questi vapori luminosi che costituiscono per il loro grande splendore intrinseco la principale sorgente di luce.

I congegni per la regolazione automatica della lampada sono solo in parallelo sui carboni.

Nella lampada Sperry ad arco rovesciato la corrente viene portata alla testa del carbone negativo a mezzo di un cavo isolato che percorre il braccio positivo e poi di una lamina di rame nudo che sovrasta la posizione dell'arco e che alla fine è unita ad una treccia di rame fissata alla estremità ai morsetti di contatto della testa negativa.

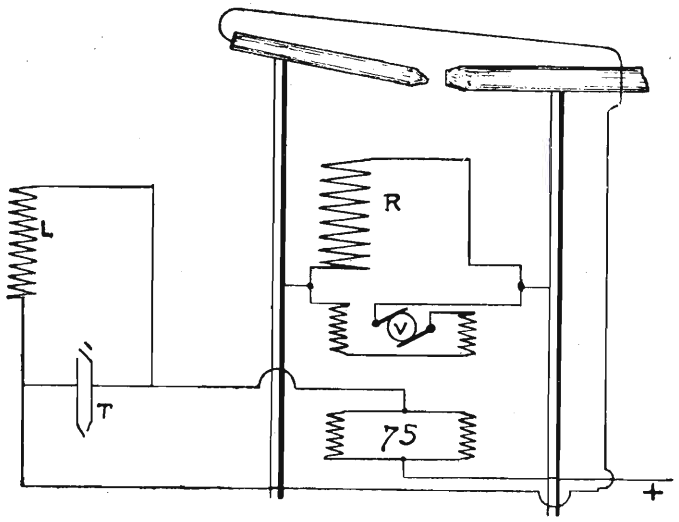


Fig. 235.

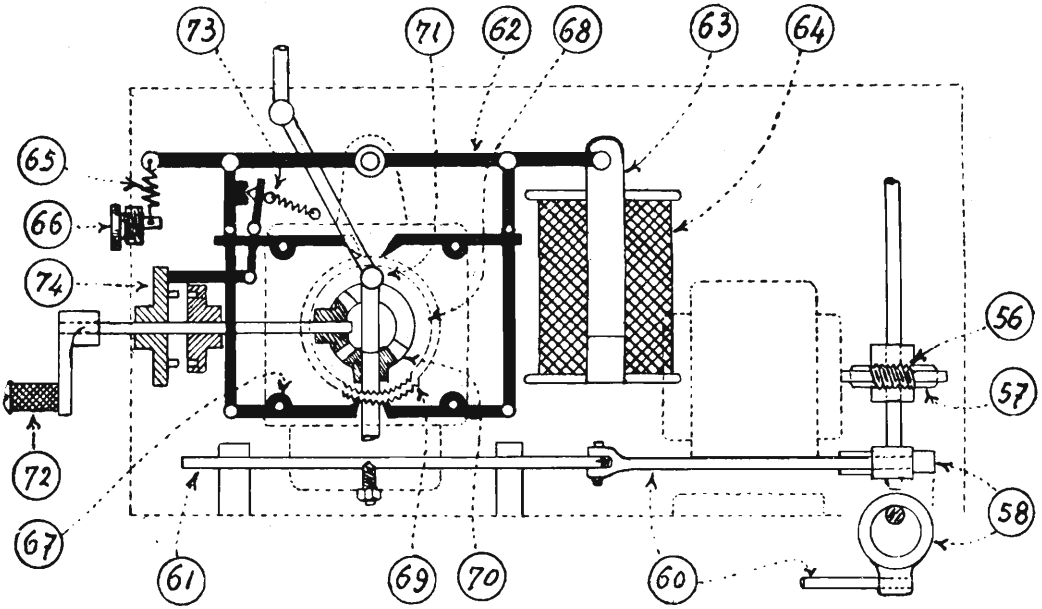


Fig. 236.

Con tale disposizione l'arco viene soffiato verso il basso (legge di Ampère: due correnti parallele si attraggono se dirette nel medesimo senso; si respingono se dirette in senso contrario).

Per non avvicinare troppo la fiamma al braccio positivo, la lamina di rovesciamento è spostata di una quarantina di gradi a destra guardando la lampada dal lato del braccio positivo.

La testa positiva, ha una copertura di protezione, che era costruita in lastra di ottone sottilissima con tre ampie feritoie per l'uscita dell'aria. Si avevano però facili fusioni dovute ad imperfetta soffiatura della fiamma ed alla piccola massa di metallo che trovavasi sfiorata dalla fiamma stessa.

Si è eliminato questo inconveniente costruendo le lastre di rame più spesse (3 m/m) con due sole feritoie, ravvicinate ed impiccolite, ottenendo così anche una migliore soffiatura della fiamma.

Le principali caratteristiche costruttive di tale lampada sono le seguenti:

1°) I bracci porta-carbone sono fissi. I carboni scorrono nelle testate dei porta carboni.

2°) I carboni sono raffreddati da una corrente di aria iniettata attraverso i bracci porta-carboni che sono tubolari e vuoti internamente.

3°) il carbone positivo ruota continuamente intorno al proprio asse e riceve la corrente per mezzo di spazzole d'argento fisse. Oltre a tale movimento rotatorio continuo ha anche un movimento automatico in avanti regolato e comandato da un organo proprio indipendente detto *termostato*..

4°) Un motorino elettrico che funziona continuamente è l'organo vitale della lampada. Esso è ad eccitazione in serie. La sezione del filo della eccitazione è stata successivamente cambiata, in modo da non variare sensibilmente la resistenza ohmica pure aumentando il campo che risultava assai debole e lontano dal punto di saturazione.

Con questo, oltre a ridurre in termini assai più favorevoli la densità di corrente dell'avvolgimento di eccitazione, e con l'aggiunta di un volantino sull'asse del motore, si è ottenuta una spinta molto più potente, tale da permettere la accensione dell'arco in modo perfetto, anche a carboni molto avvicinati (6-7 m/m). Tale motorino dà movimento a tutti gli organi della lampada e cioè provvede alla ventilazione dei carboni attraverso i bracci porta-carboni tubolari; dà movimento rotatorio continuo al carbone positivo; dà movimento di avanzo o di rientro al carbone negativo per la regolazione dell'arco.

La disposizione schematica della lampada è data dalla figura 235 e quella meccanica per la manovra dei carboni è data dalle figure 236, 237, 238.

Elettricamente la lampada è costituita da un motorino ad eccitazione in serie che ha una velocità media di 4800 giri al minuto primo; da un elettromagnete R per la regolazione del carbone negativo ed infine dal circuito termostatico che mantiene in fuoco la lampada. Tutti questi circuiti sono in derivazione tra i poli dell'arco.

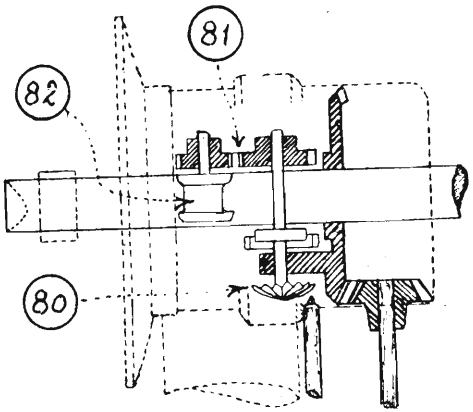


Fig. 237.

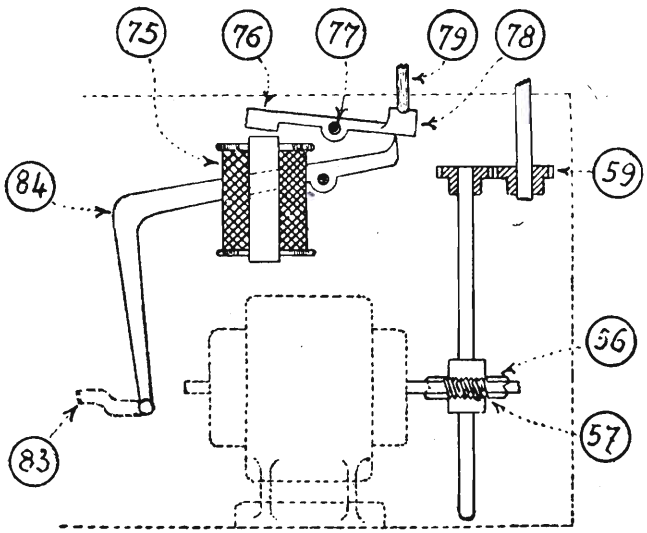


Fig. 238.

Mediante vite senza fine (56) e ruota elicoidale (57), il movimento del motorino viene trasmesso da un unico asse e contemporaneamente ad un eccentrico (58) calettato all'estremità inferiore ed alla coppia di ruote dentate (59 (fig. 238) superiormente. L'eccentrico trasforma il movimento rotatorio in alternato rettilineo mediante l'ausilio dell'asticella (60) e (67). Fissato all'asticella (61) vi è il telaio porta cricchetti, snodato ai vertici, che regola la distanza del carbone negativo da quello positivo. Tale telaio è imperniato nella parte superiore a mezzo dell'asta (62) che fa fulcro al centro in un punto fisso ed alle estremità è imperniata da un lato al nucleo (63) della bobina (64) e dall'altro ad una molla antagonista (65) regolabile a mezzo di un bottone (66) esterno alla lampada. I cricchetti sono quattro e fanno fulcro sui perni (67) fissi al telaio mobile.

A seconda delle variazioni di tensione della corrente principale che avvengono ai capi dell'arco, il nucleo (63) sarà oppur no attirato dalla bobina (64) in contrasto con la molla (65), ed il telaio snodato si deformerà in modo da appoggiare una delle due coppie in *diagonale* dei cricchetti sulla propria ruota dentata. Le ruote dentate sono due di eguale diametro, ma con i denti in senso inverso e su ognuna di esse poggia una coppia di cricchetti.

A causa del movimento continuo alternato rettilineo dell'asse (61) e del telaio ad esso collegato e quindi dei cricchetti, la ruota dentata (68 e 69) su cui poggia la coppia in diagonale dei cricchetti ruoterà, azionando un asse che mediante ingranaggi conici (70) e snodo cardanico (71) comunicherà lo spostamento assiale al carbone negativo (vedi fig. 236). Questo si sposterà in un senso o nell'altro a seconda che la ruota dentata che viene mossa è con i denti verso un lato oppure dal lato opposto.

Il carbone negativo, prima, come abbiamo già visto nella sommaria descrizione della lampada Sperry, veniva trascinato per mezzo di rulli fortemente premuti sul rame del carbone stesso, ma si avevano facili slittamenti e conseguenti rotture della copertura di rame.

Si è rimediato a questo inconveniente, facendo trascinare il carbone negativo per mezzo di una chiocciola pure di carbone, o per meglio dire, da una scatola metallica contenente in apposite scanalature tanti mezzi vermi componenti la chiocciola; entro questa, ruota una vite e dà il moto di avanti ed indietro al catodo, e che riceve il movimento come sopra è stato detto.

Il movimento del carbone negativo può anche ottenersi con apposita manovella (72) che trovasi all'esterno della lampada, e che per essere ingranata deve essere spinta verso la lampada.

In tal modo a mezzo del cono (73) si blocca il telaio porta cricchetti nella

sua posizione centrale e si ingrana il giunto a piuoli (74), che permette di comandare direttamente il dispositivo di avanzo o retrocessione del catodo.

Tale giunto può fissarsi nella posizione d'ingranamento mediante una piccola rotazione di un bottone godronato coassiale al volantino e munito d'incastro a sciabola baionetta.

E' stato aggiunto inoltre un dispositivo per l'arresto del carbone negativo, quando questo sia giunto a fine corsa.

Il regolatore automatico, nel comandare il dispositivo del moto del carbone negativo, comanda pure una vite, che porta una chiocciola, opportunamente guidata, e munita di due arresti fine corsa.

Questa, quando trovasi vicinissima ad uno dei due arresti, comanda una leva che col suo estremo porta il bilanciere nella posizione di folle. Così, quando il carbone negativo si trova all'estremità della sua corsa, non può essere più comandato in quel senso, ma non è per niente ostacolato il comando nel senso opposto.

Il moto di avanzamento del carbone positivo avviene per effetto del termostato. Questi non è che un interruttore unipolare che permette alla corrente di percorrere la coppia di bobine (75) (figg. 235 e 238). Queste attirano l'ancoretta (76) imperniata in (77), alzando di conseguenza il pezzo (78) e quindi l'asta (79). Ad ogni giro della testa positiva, l'estremità di detta asticella va ad impegnarsi negli appositi denti di una ruota a stella (80) (fig. 237) che, girando, comunica il movimento ad una coppia di ruote dentate (81) ed ai rulletti (82) di avanzamento del carbone positivo. Tale movimento può ottenersi anche a mezzo di un apposito bottone sulla scatola del termostato che chiude in corto circuito il termostato stesso, oppure con una leva (83) (fig. 238) che a mezzo di altra lega (84) spinge in alto lo scodellino (78).

Questo congegno è stato successivamente modificato; e nei proiettori più recenti, la punta è costantemente alzata, cioè l'avanzamento del carbone positivo è continuo. Naturalmente per ottenere una giusta velocità di avanzamento si sono adottati opportuni rapporti diversi da quelli precedentemente applicati.

Il termostato, interviene quindi semplicemente nel caso in cui l'avanzamento continuo risulti scarso, facendo entrare in azione una seconda punta, diametralmente opposta alla prima, e raddoppiando quindi la velocità di avanzamento.

La punta mobile può essere anche comandata a mano mediante una levetta situata sulla parte posteriore della lampada.

E' stato inoltre aggiunto un dispositivo che permette la inversione di marcia del carbone positivo.

Per mezzo di un gruppo conico e di opportuno giunto a denti, comandato dalla medesima leva dell'avanzamento accelerato, solamente agendo nel senso opposto, si può invertire la marcia dell'anodo, invertendo il senso di rotazione di tutta la testa positiva.

E' opportuno notare che, sia nell'avanzamento accelerato, sia nella inversione di marcia, interviene sempre la punta mobile, e viene bloccato automaticamente, mediante opportuno dispositivo, il moto dell'ancora della elettrocalamita del termostato.

Per potere eseguire il cambio del carbone negativo, il braccio negativo può ruotare di circa 10° sul suo asse, in modo che l'asticella scorre con la sua estremità inferiore sul piano inclinato e si solleva, allargando con l'altra estremità le gamme che tengono il carbone in virtù di due mollette.

Termostato: E' in sostanza un interruttore unipolare che si apre e si chiude per dilatazione dei suoi organi sottoposti all'influenza del calore.

Ha la funzione di mantenere il cratere del carbone positivo nel fuoco dello specchio parabolico man mano che questo si consuma.

Consiste essenzialmente (Vedi Fig. 239) in una coppia di *lamine di zinco*, delle quali una (85), riceve direttamente il calore dal cratere e dall'immagine di questo che gli viene riflessa dallo specchietto (86) (fig. 240); l'altra (87) (fig. 239) è invece protetta dai raggi diretti del cratere per mezzo di un apposito schermo (88) e si dilata o si restringe esclusivamente in relazione alla temperatura esistente nella scatola in cui è contenuta. Tutte e due le lamine quindi risentono l'influenza della temperatura della scatola del termostato ed è per questo che costituiscono un sistema differenziale *indipendente* da tale temperatura. L'avanzamento quindi del carbone positivo non dipende affatto dai progressivi aumenti di temperatura che si producono nel fanale durante il suo funzionamento.

Le due lamine sono tese all'estremità superiore da molle. La lamina interna (87) è fissa al telaio nella sua parte inferiore, quella esterna (85) invece è applicata inferiormente al telaio a mezzo di apposita vita (69) con controdado, in modo che si può variarne la tensione ed aumentare o diminuire, come vedremo, la distanza tra i contatti. Alla estremità superiore delle lamine sono fissate due leve moltiplicatrici del movimento con fulcro sull'asse (90). Ad una estremità, quella superiore, sono contropesate con i pesi (90) e (91) perchè non influiscono sul termostato i movimenti del fanale in senso verticale (mo-

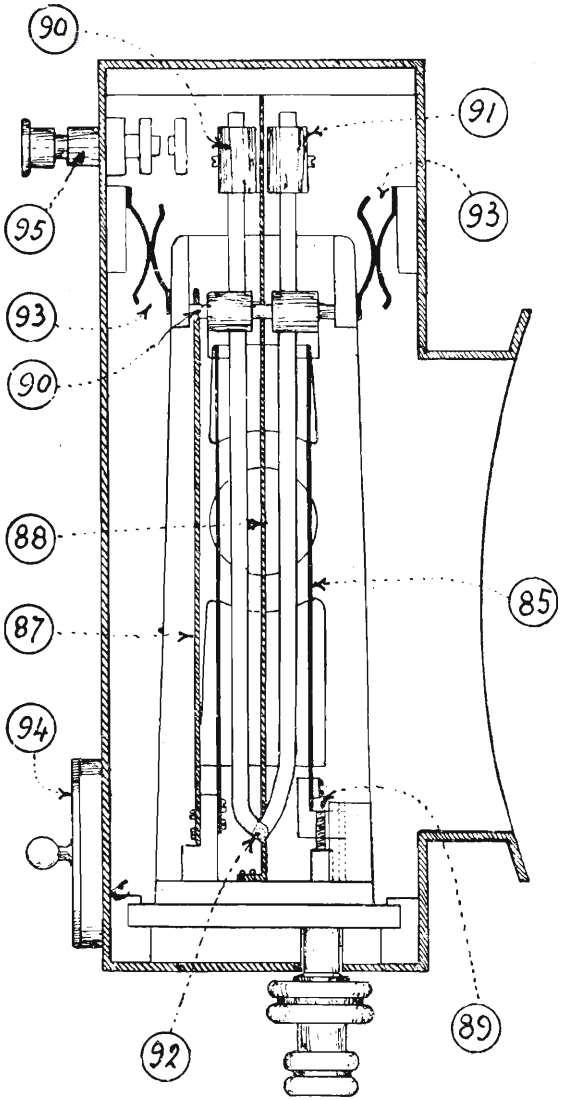


Fig. 239.

vimenti zenitali); dall'altra portano il contatto di *tungsteno* o *platino iridio* (92). Le lamine e le leve sono tra loro isolate e solamente queste ultime sono percorse da corrente che ricevono da due contatti a molla (93). Quando la lamina esterna è colpita dall'immagine del cratere sia direttamente che attraverso lo specchio (86) (fig. 240) e si allunga, i due contatti di *tungsteno* devono trovarsi in posizione normale a circa m/m 0,5 di distanza e se non lo fossero si agisca sulla vite (89). Tali contatti si possono osservare attraverso apposita lente d'ingrandimento (94) fissa alla scatola del termostato.

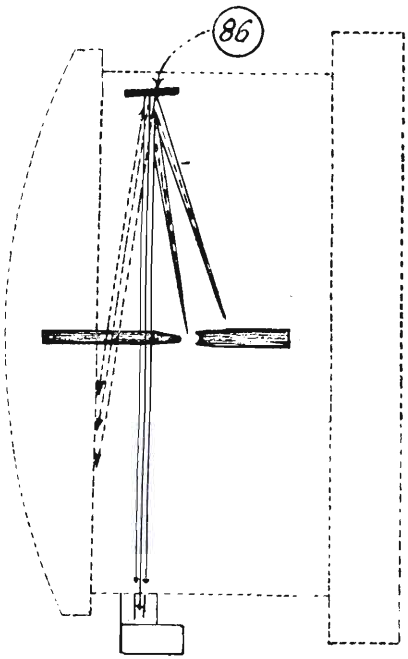


Fig. 240.

E' importantissimo che i contatti siano tra loro a giusta distanza perchè da questi dipende la sensibilità del termostato. Tale distanza deve essere tale che appena l'immagine del cratere *non* colpisce più la lamina esterna, questa contraendosi deve chiudere il circuito. Se i contatti sono troppo lontani, la chiusura non avviene ed il positivo non avanza; se i contatti sono troppo vicini può darsi che l'allungamento della lamina esterna, dovuto all'immagine del cratere, non sia sufficiente ad aprire il circuito. In tal caso il carbone positivo avanza continuamente con *grave* pericolo della lampada. Sulla scatola vi è un apposito bottone (95) con il quale si può chiudere od interrompere

a mano il circuito del termostato. In derivazione sui contatti del termostato, è sistemata una resistenza di circa 1000 Ω (Ohm) allo scopo di diminuire l'intensità dell'altra corrente di apertura nel circuito ed evitare che lo scintillio troppo forte rovini rapidamente le punterie dei contatti.

Tale resistenza sostituisce la resistenza con il condensatore, usata nei primi proiettori di questo tipo.

Eessendo il termostato assai sensibile, ne viene che lo spostamento dalla posizione normale del cratere del carbone positivo non supera di regola la lunghezza di uno a due m/m.

Lo specchietto del termostato è supportato nell'apposita scatola da un telarino metallico che, a mezzo di due apposite viti, si può scostare tanto in senso verticale quanto in senso orizzontale.

Lo spostamento in senso verticale serve a centrare l'immagine del cratere sulla fenditura del termostato. Ciò è assai importante perchè il termostato funziona tanto meglio quanto più è maggiore la quantità di calore che può battere sulla lamina.

Si deve quindi fare attenzione che la lamina venga colpita in pieno dall'immagine del cratere.

Lo spostamento in senso orizzontale serve a regolare il funzionamento del termostato quando siano avvenuti movimenti della lampada nel senso dell'asse del fanale.

I due spostamenti suddetti si ottengono automaticamente per mezzo di un sistema di leve che ricevono il moto di traslazione della lampada, la quale si sposta nel proprio seggio, e lo trasformano in moto di rotazione che imprimono allo specchietto del termostato, attorno ad uno dei lati verticali del telaietto. Le leve sono contrastate da apposita molla. Poichè ad ogni moto di traslazione corrisponde un analogo spostamento dello specchietto, è evidente che si viene ad avere la regolazione automatica. Ne deriva il vantaggio che qualunque sia la posizione che si fa assumere alla lampada per mezzo della vite apposita, il termostato non subisce regolazioni.

Ventilazione: (Fig. 241). Nel cielo del fanale è fissato un aspiratore (96) elettrico. Tenendo ben chiuso il fanale, l'aria sarà aspirata solamente attraverso le fessure praticate sul fondo della lampada.

Lo specchio inoltre è raffreddato indipendentemente, da un apposito ventilatore mosso da un motorino elettrico.

Oscuratore ad iride. — Si compone di una scatola anulare contenente delle lamine semi circolari che, girando simultaneamente attorno ad un perno fis-

sato ad una delle loro estremità, possono mascherare quasi completamente l'apertura del fanale ad eccezione di un foro centrale per cui passa il carbone positivo.

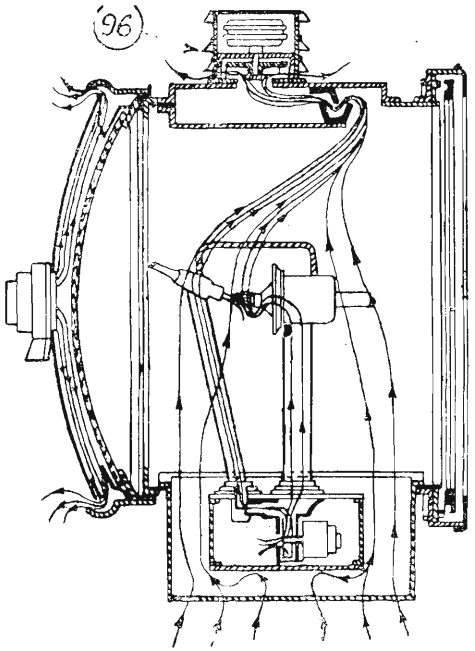


Fig. 241.

L'apertura o la chiusura dell'oscuratore si può effettuare a mano od elettricamente a distanza. Le due manovre sono completamente indipendenti e separate. Quella a mano (Fig. 242) si effettua per mezzo di un volantino (94) sul cui asse è calettata la ruota conica (94) che trasmette alla coppia di ruote dentate (99) e (100) e quindi alla corona dentata (101) il movimento di rotazione. La guida (104) ruota anch'essa e manovra le lamine dell'oscuratore. Ognuna delle 12 lamine di cui è costituita l'iride porta due perni, uno (102) fisso alla parete esterna ed uno (103) scorrevole nella guida (104). Il perno (103) scorrevole fa girare la lamina intorno all'altro perno fisso (102) e si ottiene così l'apertura o chiusura dell'iride.

Per effettuare la manovra a distanza (vedi Fig. 243) bisogna anzitutto innestare il giunto (105) a mezzo della vite (106) che fa ruotare l'eccentrico (107) e libera l'asse (108). Allora la molla spinge una parte del giunto ad innestarsi.

Il motorino ha eccitazione indipendente alimentata continuamente. L'in-

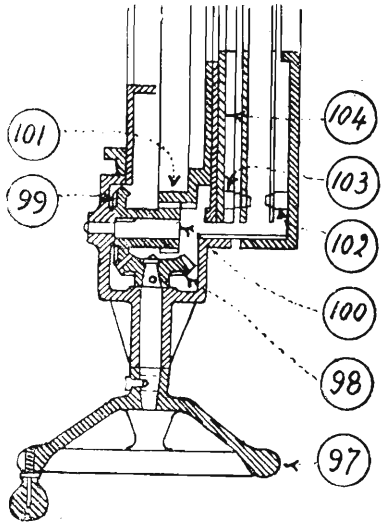


Fig. 242.

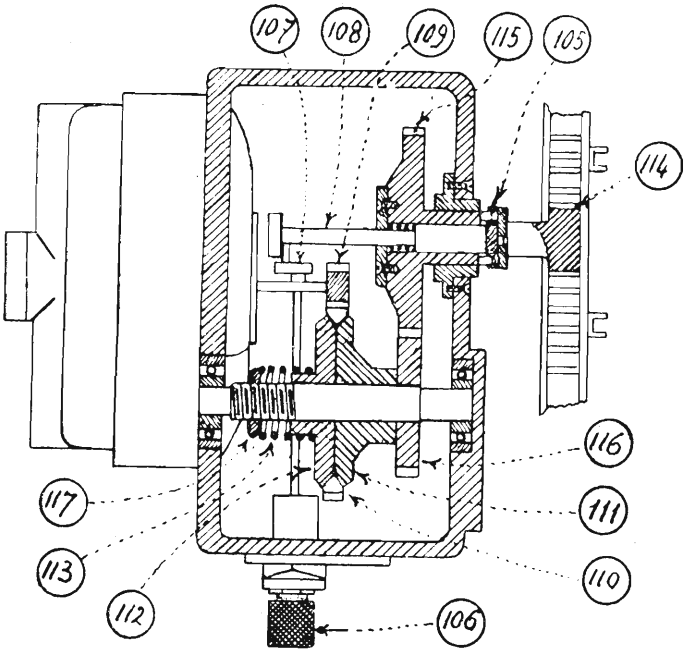


Fig. 243.

dotto invece riceve corrente in un senso o nell'altro dell'apposito *relais* e quindi gira in un senso o nell'altro. La rotazione del motorino si trasmette alla ruota dentata (109) alla corona (110) portata da un anello di sezione triangolare. Questa sezione va ad appoggiarsi su due ruote (111 e 112) munite di apposita sede e che sono spinte l'uno contro l'altra da una robusta molla (113). Quando l'iride giunge a fine di corsa, la corona si arresta, si fermano quindi le ruote (114), (115), (116) nonchè la (111). Se il motorino continua a ricevere corrente, la ruota (112) gira slittando contro la ruota (111) e così pure la parte dell'anello (110) a contatto con la ruota (111).

Tutto il sistema della corona (110) e delle ruote (112 e 111) con la molla (113) funziona da giunto a frizione. Se la frizione slitta durante l'apertura o la chiusura dell'iride si regola la pressione della molla (113) a mezzo del dado (117) munito di controdado.

Quando si manovra l'iride elettricamente a distanza, è bene sgranare il volantino per la manovra a mano mediante estrazione della coppiglia sistemata sul mozzo che rende il volantino folle sul suo asse permettendo anche di essere sfilato.

§ 90 — **Recentissime modifiche apportate al proiettore « Galileo-Sperry »**

Abbiamo precedentemente visto la costituzione ed il funzionamento del congegno detto termostato, che ha per scopo di mantenere il cratere del carbone positivo esattamente nel fuoco dello specchio parabolico durante tutto il funzionamento del proiettore.

Questo congegno però, nonostante sia stato profondamente studiato ed accuratamente costruito, è rimasto di funzionamento molto delicato, così da richiedere, oltre ad una scrupolosa manutenzione, soventi esatte e lunghe tarature, necessarie per mantenere almeno soddisfacente il suo funzionamento.

Le modifiche apportate recentemente al proiettore « Galileo Sperry », hanno avuto appunto per scopo l'abolizione del termostato.

Ciò si è ottenuto, facendo avanzare il carbone positivo in un determinato tempo, di una lunghezza esattamente uguale a quella consumata nello stesso intervallo.

Così il cratere del carbone positivo viene mantenuto sempre esattamente nel fuoco dello specchio parabolico.

Il continuo avanzamento viene impresso al carbone positivo per mezzo di un dente sistemato superiormente al blocco portacarbone fisso, dente che

si ingrana colla vite a stella (80) (Fig. 237), che ruotando, fa a sua volta ruotare i rulli del carbone positivo, e quindi ne provoca con continuità lo spostamento in avanti. Per ottenere la velocità di avanzamento esattamente appropriata, è stata diminuita la velocità di rotazione del motorino (Fig. 235), mediante la inserzione sulla linea di alimentazione del motorino stesso di una resistenza regolabile.

E' stata considerata però l'evenienza che, per cause accidentali, (quale, ad esempio, un consumo anormale del carbone per sua parziale imperfezione costruttiva), nonostante il suo continuo ed esattamente calcolato spostamento in avanti, il carbone positivo non si venga a trovare con il suo cratere esattamente nel fuoco dello specchio, ed essendo questa irregolarità dovuta a cause imprevedibili, è stata considerata la possibilità sia che il carbone risulti avanzato per una lunghezza maggiore del consumo, sia che il suo avanzamento risulti invece inferiore al consumo stesso.

Da questa considerazione, la necessità di poter correggere la posizione del carbone mediante spostamenti sia in avanti che indietro.

Per ottenere questa possibilità di correzione, mentre prima il carbone positivo era animato da un movimento di rotazione intorno al suo asse in un solo senso, con opportuna modifica può ora ruotare anche in senso contrario, mediante la manovra a mano di una opportuna levetta.

Se il carbone positivo non è avanzato sufficientemente; si fa con la leva primitiva, che serviva pure a fare avanzare il carbone positivo in caso di imperfetto mancato funzionamento del termostato, ingranare il piccolo ingranaggio a farfalla che comunica il movimento ai rulli che portano avanti il carbone, che allora avanza con velocità doppia. Se il carbone positivo risulta troppo avanzato, si inverte il movimento di rotazione del carbone stesso intorno al proprio asse, poi colla stessa leva usata nel caso precedente, si fa ingranare il piccolo ingranaggio, a farfalla che comunica agli stessi rulli il movimento, questa volta invertito, causando lo spostamento indietro del carbone.

Abbiamo pure precedentemente visto che è stata ridotta sensibilmente la velocità del motorino mediante l'inserzione di una resistenza regolabile sul suo circuito di alimentazione.

Questa riduzione di velocità del motorino, avrebbe causato una riduzione nell'avanzamento del carbone negativo onde per mantenere inalterati gli spostamenti di detto carbone, è stata sistemata superiormente al braccio di detti carboni, una vite senza fine a passo rapido, in modo che ad ogni giro del rollino, che adesso ha una minore velocità di rotazione, corrisponda uno spostamento maggiore del carbone negativo.

I nuovi proiettori, hanno tutti il carbone negativo, inclinato dal basso verso l'alto, come è rappresentato nella Fig. 230; mentre nelle costruzioni precedenti, in qualche proiettore il carbone negativo era inclinato dall'alto in basso, come si vede nella Fig. 233.

§ 91 — **Comando a distanza dei proiettori**

E' di somma importanza che durante un combattimento notturno, i proiettori di una Nave, possano essere puntati sul nemico, prima ancora dell'accensione dei proiettori stessi, onde i fasci luminosi improvvisamente accesi rischiarino in pieno ed immediatamente il bersaglio, e lo continuino a rischiarare durante il tiro svolto contro di esso.

Da considerazioni geometriche, confermate dalla esperienza, risulta che per dirigere e mantenere il fascio luminoso di un proiettore, è necessario che il proiettore stesso sia guidato da un osservatore posto ad una certa distanza dalla sorgente luminosa, perchè l'eccessiva vicinanza al fascio rende difficile la percezione degli oggetti lontani illuminati. Si è anzi constatato che la posizione che permette la migliore visibilità è quella nella quale la visuale dell'osservatore al bersaglio fa un angolo di circa 20° con il fascio luminoso.

Ciò richiede una discreta distanza dell'osservatore dal proiettore, distanza che a bordo è praticamente impossibile a realizzarsi. Inoltre, quando il proiettore ruota, dovrebbe spostarsi anche l'osservatore per mantenere costante l'angolo fra la visuale dell'osservatore ed il fascio luminoso.

Si cerca in ogni modo sulle navi di porre l'osservatore il più lontano possibile dal proiettore e per questo scopo si hanno due tipi di manovre dei proiettori: Manovra elettrica a distanza. — Asservimento dei proiettori a contro indice.

Manovra elettrica a distanza. — Questo sistema è già stato particolareggiatamente descritto durante la trattazione del proiettore « Galileo Sperry ».

E' da osservarsi che, con tale sistema, difficilmente il proiettore risulta puntato sul bersaglio prima della sua accensione perchè chi lo manovra non potrà a lampada spenta conoscere l'orientamento preciso del proiettore.

Solo dopo acceso il proiettore, il fascio luminoso verrà portato sul bersaglio.

Comando dei proiettori con l'asservimento a contro indice. — Questo sistema è perfettamente analogo al sistema di comando a contro-indice delle artiglierie che è particolareggiatamente descritto nelle pagine seguenti.

Un puntatore ad un apposito cannocchiale centrale esegue la punteria sul bersaglio, e mediante trasmettitori elettrici R. Marina a corrente alternata (pure descritti nelle pagine che seguono) trasmette ai proiettori la elevazione ed il brandeggio, che vengono indicate da indici che si spostano su quadranti graduati, disposti in vicinanza di ciascun proiettore.

I destinati alla manovra dei proiettori, spostano il proiettore in elevazione ed in brandeggio, inseguendo l'indice elettrico di elevazione o di brandeggio, con il corrispondente indice meccanico solidale al proiettore.

Si comprende così che se il puntatore centrale è in punteria, se i destinati eseguono con esattezza e con continuità la collimazione dei due indici, il proiettore od i proiettori saranno sempre esattamente in punteria sul nemico.

Basta poi la manovra di un interruttore, che chiude il circuito elettrico di alimentazione dell'arco, per illuminare di colpo il bersaglio.

La trasmissione della elevazione e del brandeggio ai proiettori, può essere effettuata da un congegno di punteria destinato unicamente ai proiettori; oppure dallo stesso congegno di punteria centrale, che trasmette la elevazione ed il brandeggio dei pezzi. In questo caso naturalmente, ai dati trasmessi ai proiettori, saranno preventivamente e meccanicamente tolte le correzioni del tiro che saranno state apportate ai dati da trasmettere ai pezzi.

CAPITOLO XVIII

Girobussola

§ 92 — La girobussola in generale

Un solido di rivoluzione animato da un movimento di rapidissima rotazione intorno all'asse geometrico chiamasi girostato.

La particolare e principale caratteristica dei girostati, consiste nella maniera speciale nella quale essi reagiscono quando una forza od una coppia di forze, tendono a deviare il loro asse dalla direzione iniziale.

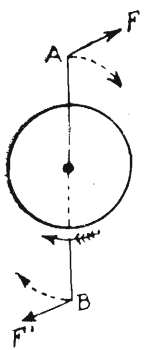


Fig. 244.

Sia ad esempio un girostato perfettamente libero di ruotare intorno all'asse A B fig. 244 con velocità diretta come è indicato dalla freccia. Se immaginiamo applicati ai punti A B dell'asse due forze F ed F' uguali, parallele e contrarie esse costituiscono una coppia che tende a deviare l'asse del girostato.

Sotto l'azione di tale coppia, l'asse di un corpo non rotante si sposterebbe nel piano della coppia stessa, il girostato invece reagisce senza alcuno spostamento in tale piano, ma muovendo il proprio asse in un piano normale a quello, con un particolare movimento di rotazione caratteristico dei corpi animati da rapidissima rotazione intorno all'asse, che chiamasi movimento di precessione.

Come esempio, si consideri la fig. 245 nella quale abbiamo rappresentato un tale caso, cioè un girostato in rotazione, appoggiato coll'estremo dell'asse, e sottoposto all'azione del proprio peso. Le forze costituenti la coppia deviatrice, (peso Pe e reazione d'appoggio R) causano il movimento di precessione mantenendosi costanti durante lo svolgersi di quello e perciò la rotazione dell'asse del girostato intorno alla retta R. A. continua

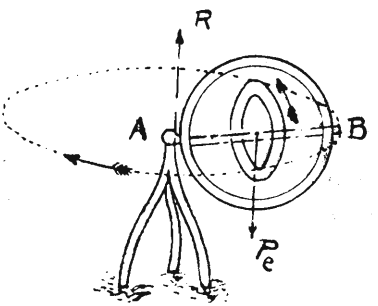


Fig. 245.

finchè la massa girostatica ruota intorno all'asse A B. Con un particolare profondo esame del moto di rotazione terrestre, e dei fenomeni girostatici, si dimostra che un girostato vincolato ad un piano orizzontale dispone costantemente un suo semiasse nella direzione del Nord.

Ma poichè si è voluto utilizzare questa costante direzione verso il Nord del semiasse di un girostato nelle suddette particolari condizioni, per ottenere una bussola, che non risentisse come quelle magnetiche a bordo delle navi le variazioni dovute ai movimenti di masse di ferro (brandeggio delle torri, sparo di pezzi etc.) si urtò contro la difficoltà di ottenere a bordo un piano costantemente orizzontale.

Fu per evitare questa grave difficoltà che si pensò di vincolare il girostato non più ad un piano orizzontale, ma ad un piano verticale, il che è sostanzialmente lo stesso.

Si dimostra però che il semiasse del girostato così vincolato ha un moto oscillatorio intorno al punto cardinale Nord e che bisogna smorzare le oscillazioni perchè il semiasse girostatico si fermi nella direzione del Nord.

§ 93 — **Linee schematiche della bussola Sperry**

Il concetto di servirsi come girobussola di un girostato vincolato a un piano verticale sospeso anzichè di uno vincolato al piano orizzontale è stato realizzato dalla Ditta Sperry nel seguente modo:

Un cerchio verticale B detto cerchio fantasma fig. 246, porta la rosa R e ruota sopra un piano circolare orizzontale E F scorrendo sopra una corona di sfere per ridurre la resistenza di attrito. Alla parte superiore O di questo cerchio è fissata la sospensione filare F, che sostiene un altro cerchio C chiamato cerchio verticale. Questo cerchio può ruotare rispetto al fantasma rimanendo guidato superiormente dalla sospensione filare F, inferiormente dal perno M. Il cerchio verticale C sostiene a mezzo dell'asse orizzontale *tt* la cassa *A*, che contine il rotore del girostato, e a cui è applicata la zavorra Z che tende a mantenere la cassa verticale e quindi l'asse del girostato orizzontale. La rosa è solo indirettamente collegata al girostato e rimane sempre orizzontale, indipendentemente dalla inclinazione dell'asse del rotore.

Nella bussola Sperry la zavorra è stata staccata dalla cassa del girostato e fissata ad un semicerchio portato dal cerchio fantasma e girevole attorno ad un asse orizzontale *t t'* (fig. 247).

La zavorra è collegata alla cassa mediante un piolo P spostato eccentricamente rispetto alla verticale passante per il centro del girostato e verso levante per chi guardi la bussola da Sud.

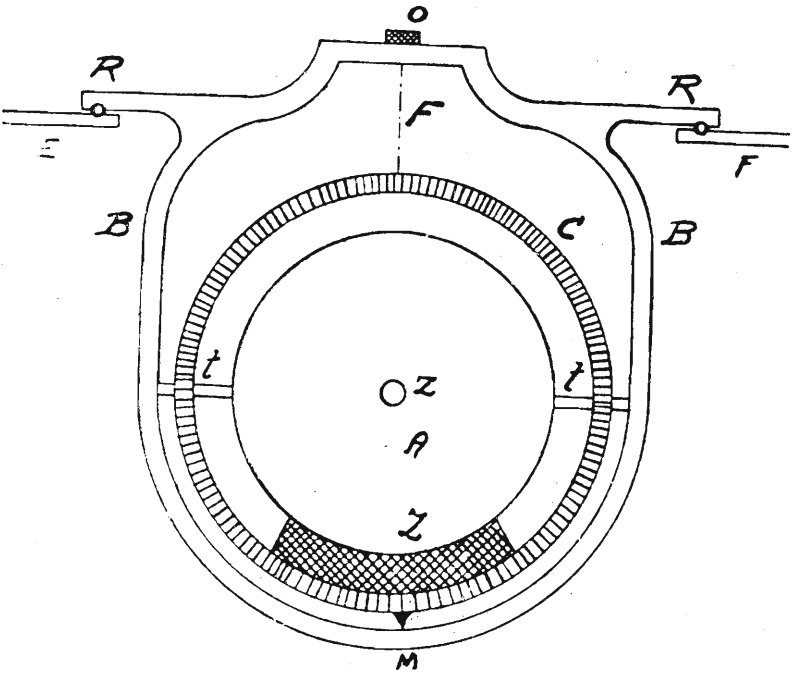


Fig. 246.

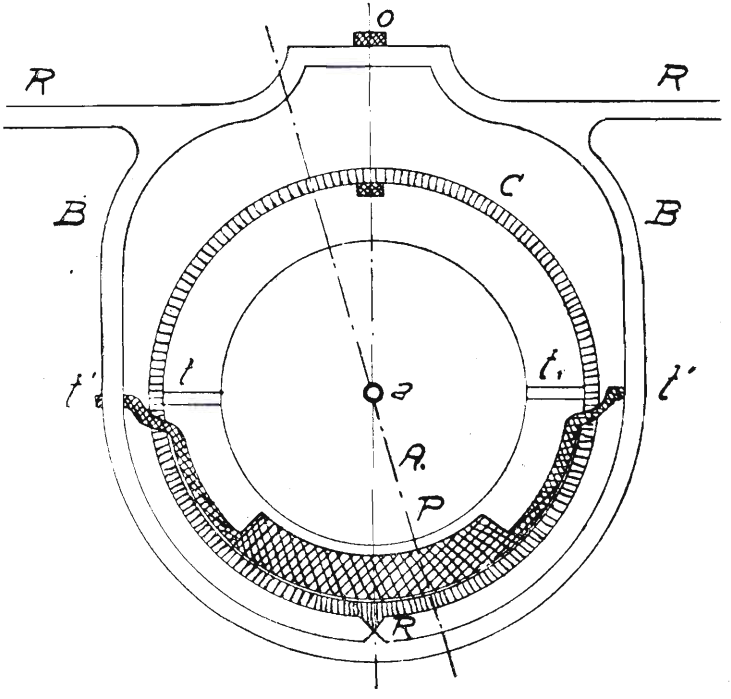


Fig. 247.

Ciò è stato fatto perchè si dimostra che lo spostamento eccentrico del piolo dà all'asse girostatico lo smorzamento necessario per arrestare il moto oscillatorio intorno al Nord che avrebbe l'asse stesso, essendo il girostato *vincolato ad un piano verticale* anzichè al piano orizzontale.

Su di una bussola installata a bordo influiscono però molte cause di deviazione, tra le quali le principali sono:

a) *Deviazione dipendente dalla rotta e velocità della nave.* — Questa deviazione varia a seconda della latitudine alla quale trovasi la nave stessa, ma viene automaticamente corretta per mezzo di un correttore che si compone di un congegno di leve, quando siano convenientemente regolati due quadranti graduati con la velocità in miglia orarie e colla latitudine in gradi e decine di gradi (fig. 248). Questo sistema di leve agisce sopra un anello orizzontale, concentrico alla rosa, che porta la linea di fede; lo spostamento che subisce questo

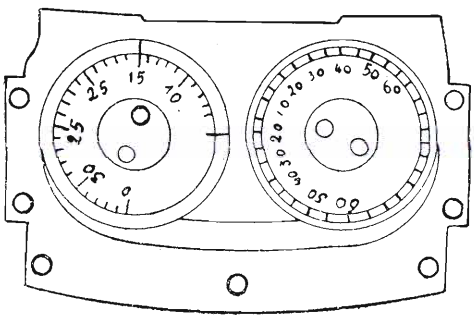


Fig. 248.

anello si può leggere su di un settore graduato, fisso in prossimità della linea di fede mobile.

I due quadranti tengono conto dei due elementi latitudine e velocità; per la rotta della nave provvede automaticamente un anello fissato sotto la rosa e convenientemente inclinato sull'orizzontale intorno al diametro 90°-270°: esso porta tutto in giro all'esterno una scanalatura nella quale rimane impiegata l'estremità di una delle leve del congegno di correzione e viene detto anello coseno perchè introduce una correzione proporzionale al coseno della rotta.

Le correzioni sono praticamente trascurabili finchè le variazioni di velocità della nave sono inferiori alle 3 mg. e quelle della latitudine inferiori ai 3°.

b) *Deviazioni balistiche.* — Finora abbiamo considerato il caso eccezionale che la girobussola sia su di una nave che cammini con velocità costante

in una rotta invariata, ma quando la nave è soggetta al moto delle onde, e quando intervengono variazioni di rotta e velocità, si producono delle accelerazioni che danno origine a forze le quali generalmente si risolvono in coppie perturbatrici, poichè il centro di gravità della bussola non coincide col centro di sospensione. Alle deviazioni, che ne nascono, si dà il nome di deviazioni *balistiche* perchè seguono le stesse leggi che si riscontrano in un pendolo deviato dalla posizione di equilibrio; esse non sono mai molto notevoli.

Si dimostra che l'annullamento delle deviazioni balistiche si ottiene dando alla girobussola un periodo di oscillazione uguale a quello che, alla latitudine data, avrebbe un pendolo di lunghezza uguale al raggio terrestre. E' quello che effettivamente si fa, per compensare la bussola dalle deviazioni balistiche, e ciò porta il periodo di oscillazione, al valore molto alto, di 85 m. Questa è la ragione per la quale il periodo di oscillazione delle girobussole è tanto più grande che nelle ordinarie bussole magnetiche. Generalmente le girobussole hanno le deviazioni balistiche compensate per la latitudine media delle regioni più frequentate, cioè per 40°.

c) *Deviazioni quadrantali.* — Sono dovute ai movimenti di rollio e di beccheggio. Esse sono state eliminate mediante l'uso del giroscopio balistico, che è un piccolo girostato disposto normalmente al principale. Il girostato balistico mantiene il piuolo di collegamento fra zavorra e cassa girostatica, sempre dalla stessa parte rispetto alla verticale passante per il centro di gravità del girostato principale, ed è così, come viene dimostrato nello svolgimento completo della teoria della girobussola Sperry, che si rendono nulle le deviazioni causate dai movimenti di rollio e di beccheggio della nave.

§ 94 — **Descrizione sommaria del complesso giroscopico Sperry**

Il complesso elettrogiroscopico Sperry si compone delle seguenti parti principali:

1°) Una bussola madre.
2°) Un certo numero di apparecchi ricevitori.
3°) Un quadro di funzionamento per la bussola madre.
4°) Un quadro di sincronizzazione e commutazione dei ripetitori.
5°) Un moto alternatore (convertitore).
6°) Un dinamotore.

7°) Una batteria di accumulatori.
8°) Un sistema automatico di allarme.

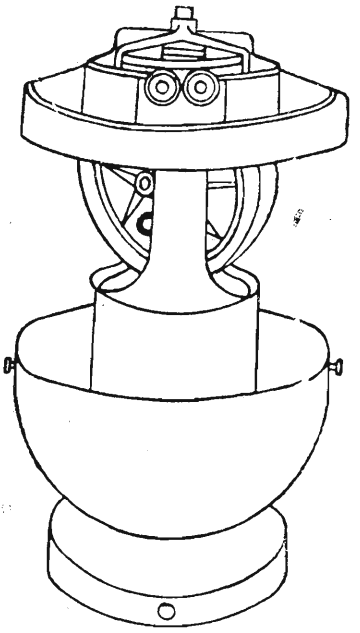


Fig. 249.

1° — *La bussola madre* — (v. fig. 249) è composta di:

a) Una bussola propriamente detta, con sostegno e chiesuola.

b) Un giroscopio grande, o principale, con relativa scatola che lo contiene.

c) Un giroscopio piccolo o balistico.

d) Un sistema automatico di inseguimento.

e) Un motorino trasmettitore per i ricevitori.

f) Un trasformatore statico trifase.

g) Un congegno automatico di correzione per la velocità della nave.

h) Un congegno correttore per la latitudine.

a) — *La bussola propriamente detta.* — Di essa si ha una vista complessiva nella fig. 249. E' contenuta in una chiesuola della forma indicata nelle figure. All'orlo superiore della coppa che fa da mortaio è sospeso, mediante otto robuste molle d'acciaio, un cerchione metallico. Questo a mezzo di altri due cuscinetti a sfere, sopporta due punti a 180° fra loro, di un cerchio cardanico che a sua volta, a mezzo di altri due cuscinetti a sfere, a 90° dai precedenti, sopporta i perni di un cerchio metallico Z, destinato a sorreggere tutti gli organi della bussola giroscopica.

La fig. 250, nella parte sezionata, contiene tutti i particolari delle parti principali, relative sopratutto al sistema di sospensione pendolare del girostato. Sotto alla figura sono spiegate in una leggenda le varie parti.

b) — *Il giroscopio grande o principale* (fig. 251). — E' contenuto in una scatola ermeticamente chiusa, dalla quale, a mezzo di una valvola e relativa pompetta a mano, si aspira l'aria, facendo il vuoto. La custodia porta inoltre: un tubicino per lato, per introdurre l'olio (speciale) per la lubrificazione automatica dei cuscinetti a sfera del giroscopio; un'apertura con vetro per sorvegliare la rotazione della rosa; e un manometro che indica il vuoto interno. E' necessario che questo vuoto sia mantenuto nelle migliori condizioni possibili, per evitare che il giroscopio assorba troppo carico, e quindi si riscaldi eccessivamente. La massa rotante, porta internamente un avvolgimento

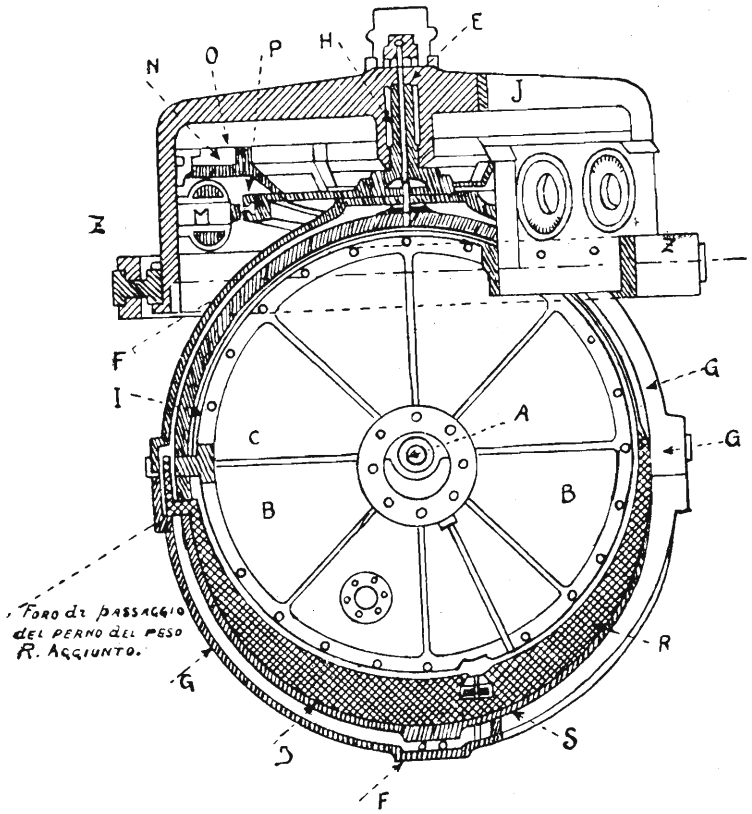


Fig. 250.

LEGGENDA

J — Crociera a 4 raggi portata dal cerchio Z.

A — Asse di rotazione del giroscopio grande.

B — Scatola giroscopica.

C — Perni orizzontali della scatola, intorno ai quali la scatola giroscopica può girare.

G — Cerchio verticale detto cerchio Fantasma o schermo, perchè obbligato a seguire tutti i movimenti dell'altro cerchio B, e quindi anche della scatola giroscopica e dell'asse giroscopico.

M — Tubo con cui termina lo schermo G superiormente, ed entrante in una cavità cilindrica della raggiera J. — Il ringrosso superiore di H poggia su di un cuscinetto a sfere della raggiera J.

E — Fascio di fili per la sospensione del cerchio B e perciò anche della scatola giroscopica.

F F_1 — Cuscinetti e sfere dello schermo G per la rotazione del cerchio B.

R — Zavorra di piombo imperniata sullo schermo G e girevole intorno all'asse orizzontale di tali perni.

S — Piuolo eccentrico di unione fra pendolo e scatola giroscopica (successivamente modificato con piuolo e rotella scorrevole in due guide e governato dal giroscopio piccolo o balistico).

O — Rosa.

V — Corona circolare dentata sottostante la rosa e rigidamente fissata ad essa.

P — Altra corona circolare.

M — Motore d'Azimut

a gabbia (barre di rame). Lo statore del motorino è situato all'interno, in una cavità della massa rotante. Esso è sostenuto e fissato ad una delle pareti della scatola, porta poche spire di filo isolato, ed è ricoperto di legno.

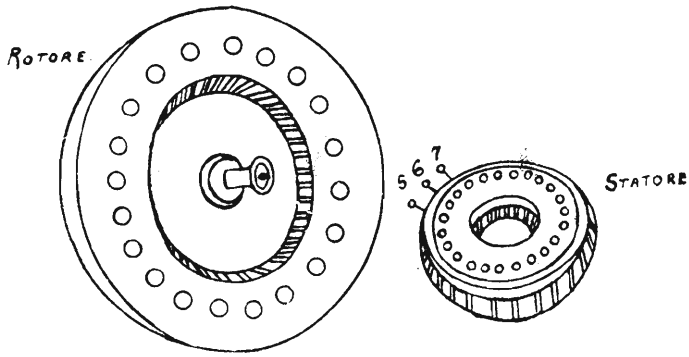


Fig. 251.

La corrente di alimentazione del motorino giroscopico è alternata trifase a 90 volt, ed è fornita dall'alternatore della convertitrice (motoalternatore). Il rotore fa 8600 giri, velocità che è bene controllare al principio e verificare ogni tanto durante il funzionamento.

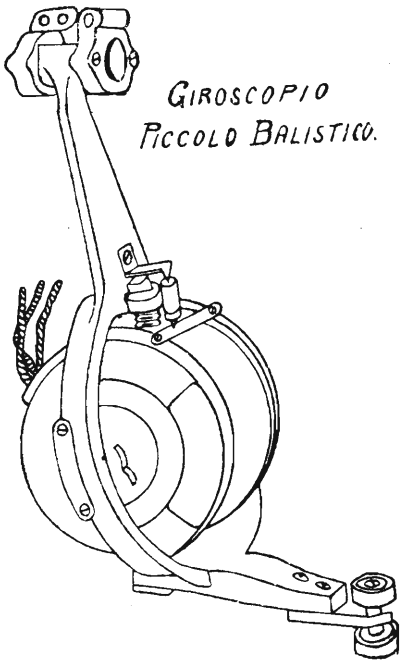


Fig. 252.

c) — *Il giroscopio piccolo (balistico)* fig. 252. — E' appeso con il suo braccio di sostegno al lato Nord della custodia. E' anch'esso costituito da un motorino trifase, come il giroscopio principale, ma a tensione di alimentazione di 10 volt. La corrente alimentatrice è la stessa che per il grande, ma opportunamente abbassata di tensione (da 90 a 10 volt) a mezzo di un trasformatore statico in discesa, applicato nell'interno della bussola madre.

d) — *Il sistema automatico di inseguimento.* — Ha lo scopo di mantenere sempre il cerchio fantasma, che porta la rosa dei venti e che, per l'attrito che si sviluppa fra la testa dello stelo e la crociera, tenderebbe nelle accostate a ruotare con la nave, nel piano dell'elemento sensibile e quindi sul meridiano. La rosa quindi segue sempre l'elemento sensibile nel suo movimento.

Il sistema automatico d'inseguimento è formato da:

Un motore d'azimut.

Due relais.

Due contatti a rotellina portati dal cerchio verticale, e due commutatori portati dal cerchio fantasma (trolleys).

Il motore d'azimut, è sistemato sulla bussola madre ed è costituito da un motorino in serie, a corrente continua a 20 volt, fornita o dalla dinamo di un dinamotore (110-20 volt continui) o in caso di avaria di questo, da una apposita batteria di accumulatori. Il campo del motorino è formato da due avvolgimenti distinti, avvolti in senso contrario l'uno dall'altro, in modo che, a seconda venga eccitato l'uno o l'altro campo (mentre la corrente circola nell'indotto nello stesso senso), il rotore giri in un senso o nell'opposto. Due contatti, ciascuno dei quali costituito da una rotella portata da una piccola asta del cerchio verticale, girano con quello, chiudendo in diagonale il contatto con due dei quattro blocchetti (trolleys) fissi al cerchio fantasma. Rotelline e blocchetti sono in oro, facilmente ricambiabili. Fra i due blocchetti superiori e inferiori situati in posizione diametralmente opposta, è lasciato uno spazio piccolissimo, che occorre mantenere ben pulito dal polverino.

Le rotelle, con la chiusura dei contatti sui blocchetti, stabiliscono il passaggio di corrente all'uno o all'altro di due relais, i quali chiudono il circuito inserendo l'uno o l'altro dei due campi induttori, e quindi facendo girare l'indotto in un senso e nell'opposto.

Se la corrente fosse mandata all'una o all'altra coppia di induttori direttamente dai trolleys, naturalmente si ossiderebbero e si consumerebbero assai più presto i contatti d'oro, dato che in essi verrebbero a circolare correnti alquanto più intense di quelle minime che vanno invece ad eccitare i relais.

Ora si comprende facilmente che, accostando la nave, la rosa sorretta dal cerchio fantasma, tende a seguirla per attrito, mentre il cerchio verticale, ossia il girostato conserva il suo asse verso il Nord vero. Ma non appena la rosa si muove di un piccolissimo angolo (1/6 di grado, perchè la sfinestratura fra le due coppie di blocchetti è piccolissima) entra in funzione il motorino d'azimut. Questo, girando, farà ruotare il cerchio fantasma facendolo ritornare nel piano del cerchio verticale. Ma ritornando in questo piano il fantasma sposta i trolleys di un sesto di giro rispetto alle rotelline dei contatti mobili, e in senso inverso al precedente; per cui le rotelline ritorneranno sull'isolante, apriranno il circuito, e fermeranno il motore d'azimut. Anzi in generale avverrà che per inerzia, il fantasma nel ritornare alla posizione di riposo, oltrepasserà il piano verticale in senso opposto, per cui il motorino si metterà in moto in senso opposto per riportare il cerchio fantasma nel piano

del cerchio verticale. La rosa viene così ad assumere un continuo tremolio, che è fastidioso per il timoniere, il quale deve fissare lungamente la rosa, ma è d'altra parte una garanzia assai appariscente del suo regolare funzionamento.

I due relais sono formati da bobine elettromagnetiche. Superiormente, una specie di piccolo bilancino può ruotare attorno ad un fulcro orizzontale, verso dritta o sinistra, a seconda che l'ancora è attirata dall'una o dall'altra bobina. Si chiude così il circuito di una coppia di induttori o dell'altra (v. fig. 253) del motore d'azimut, facendo girare questo (e per conseguenza la rosa) nei due sensi.

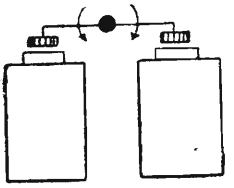


Fig. 253.

e) — *Il motorino trasmettitore.* — Serve per regolare la corrente inviata ai vari ricevitori (bussole elettriche ripetitrici) in modo che questi riproducono esattamente le indicazioni della *bussola madre.* In sostanza il trasmettitore consiste soltanto in un asse situato nell'interno della bussola madre, e mosso, mediante apposito rocchettino dentato, dalla stessa corona circolare N. che è fissa alla rosa. Quindi è mosso anch'esso indirettamente dal motore d'azimut. L'asse porta nel senso longitudinale tre piccolissimi risalti eccentrici, a molla, disposti a 120° uno dall'altro. Chiudendosi successivamente dei contatti, al passaggio di tali risalti si manda corrente ai vari motorini ricevitori, collocati fra loro in parallelo. Dei motorini ricevitori si dirà tra poco.

2° — *Gli apparecchi ricevitori o ripetitori* (fig. 254). — Sono formati da rose dei venti mosse elettricamente, a mezzo di opportuni ingranaggi (in numero di 3), da motorini interni ai ripetitori stessi. Detti motorini sono costituiti da un indottino bipolare, e da 6 avvolgimenti induttori (3 coppie di poli a 60° uno dall'altro, ossia campi induttori a 120°). A mezzo della chiusura dei circuiti del motore trasmettitore (v. sopra) possono venire eccitate una o due

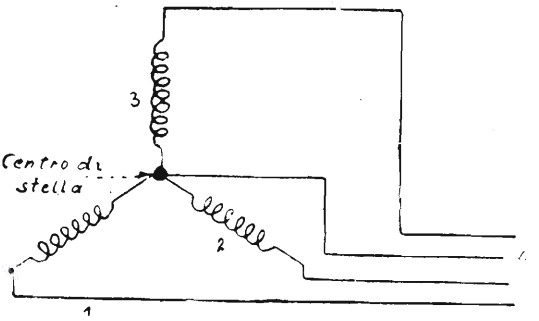


Fig. 254.

coppie di avvolgimenti induttori, e ciò successivamente e continuamente finchè il trasmettitore gira. L'indottino, mobile al centro degli induttori, è formato da due piccole masse di ferro dolce a doppio T, le quali naturalmente devono seguire l'orientamento dei campi induttori ossia del campo rotante che essi generano.

Nei motorini ricevitori poi, per smorzare subito l'abbrivio che l'indottino può conservare per inerzia in modo da riprodurre alle bussole ripetitrici le letture precise della madre, esiste una piccola castagna d'arresto che, quando la corrente non passa più, frena l'indotto e viceversa lo lascia libero quando la corrente circola. Infine un lampidino posto nell'interno, e con reostato a mezzo del quale si può regolare l'intensità luminosa, illumina dal disotto la rosa, per le letture durante la notte.

Si comprende facilmente come una volta sincronizzate all'inizio le indicazioni dei vari ripetitori con quelle della bussola madre, tutte le successive indicazioni di questa vengono ripetute fedelmente da quelli, a meno che non vi siano da verificare avarie (difetti di isolamento, interruzioni, ecc.).

I ripetitori sono suggellati e l'aria che essi contengono è secca. Pertanto bisogna cercare di non aprirli, se non quando l'avaria si sia esattamente e chiaramente localizzata nell'interno.

Per la prima sincronizzazione dei vari ripetitori con la bussola madre esiste un quadro apposito.

3° — *Il quadro principale di funzionamento per la bussola madre comprende*: un amperometro ed un voltmetro per corrente alternata, con relativo commutatore per le varie fasi; un voltamperometro per corrente continua, con un commutatore multiplo, a mezzo del quale si può adoperare come voltmetro o amperometro per tutti i circuiti a corrente continua; un relais d'allarme; interruttori automatici; interruttori per la convertitrice e per il dinamotore, reostati regolatori di campo per questi due ultimi utenti.

4° — *Il quadro commutatore e sincronizzatore dei ricevitori* comprende a sua volta: un apparecchio trasmettitore elettrico (mosso a mano) per le sincronizzazioni singole o simultanee dei vari ricevitori, un interruttore generale; un commutatore per la sincronizzazione a mano ora detta, o per quella normale fatta automaticamente dallo stesso motorino trasmettitore della bussola madre; tanti interruttori parziali quanti sono i ripetitori e le valvole fusibili per ogni filo conduttore dei ricevitori. Per mettere da principio in fase i ripetitori con la bussola madre si fa la *sincronizzazione a mano*, a mezzo del trasmettitore del quadro. In un momento in cui la nave ha una rotta stabile o è ferma, e supposti tutti i ricevitori a zero, si gira a mano il manubrio dell'apparecchio, posto in alto del quadro al centro (leggendo le decine di gradi sul

cerchio girevole interno), fino a far indicare il numero di gradi che in quel momento segna la bussola madre. In tal modo tutti i ricevitori inseriti, segneranno quella prora. Appena si è sicuri che la prora indicata dalla madre è quella per cui i ripetitori sono stati preparati, si gira rapidamente il commutatore del quadro nella posizione di trasmissione automatica ai ricevitori, escludendo il trasmettitore a mano. Le ripetitrici sono pronte.

Per essere certi che tutti i ripetitori, nella sincronizzazione a mano partono dallo zero, insieme col trasmettitore del quadro, è buona regola, come si suol dire, *battere a zero* il trasmettitore a mano, prima di portarlo all'indicazione della rotta della bussola madre.

Il trasmettitore a mano è fatto allo stesso modo di quello automatico della bussola madre, salvo che si gira a mano, mentre l'altro è mosso dalla rosa, e cioè dal motore d'azimut. Agisce quindi ugualmente a corrente continua a 20 volt, e le linee sono le stesse di quelle per il trasmettitore meccanico, le quali perciò passano per l'apposito commutatore anzidetto. Recentemente è stata portata alle girobussole Sperry una notevole semplificazione, sostituendo al giroscopio balistico, ed alla zavorra, il così detto « Balistico a mercurio » (fig. 255). Esso consta di due coppie di vaschette contenenti mercurio ed in comunicazione fra di loro a due a due.

Il balistico a mercurio fissato mediante cuscinetti a sfere al cerchio fantasma, e collegato alla cassa del girostato, per mezzo di un braccio Z, agisce sul

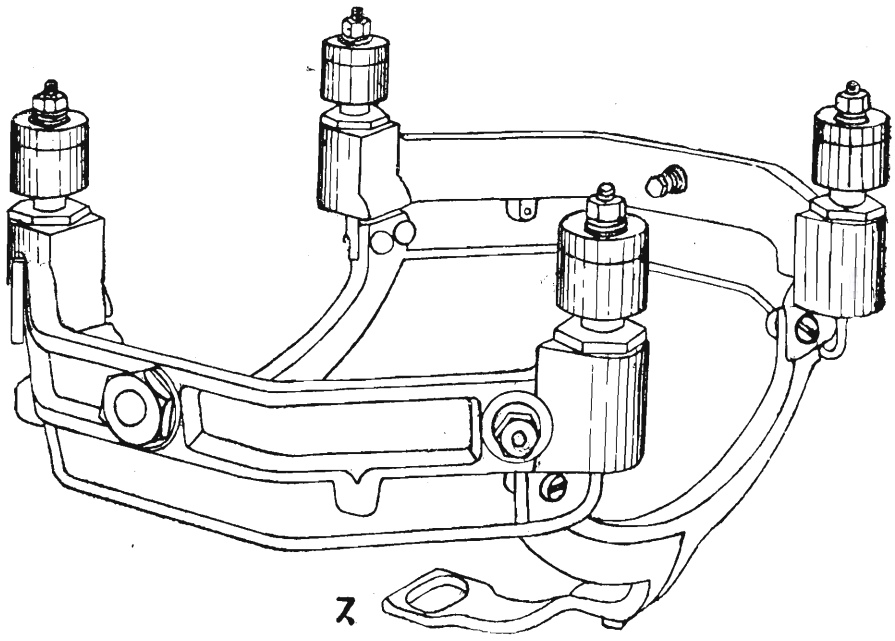


Fig. 255.

girostato, così come agisce la zavorra; senza però dar luogo ad alcuna deviazione in caso di rollio o di beccheggio della Nave.

Lo schema generale dell'impianto elettrico di una bussola Sperry è rappresentato nella figura 256.

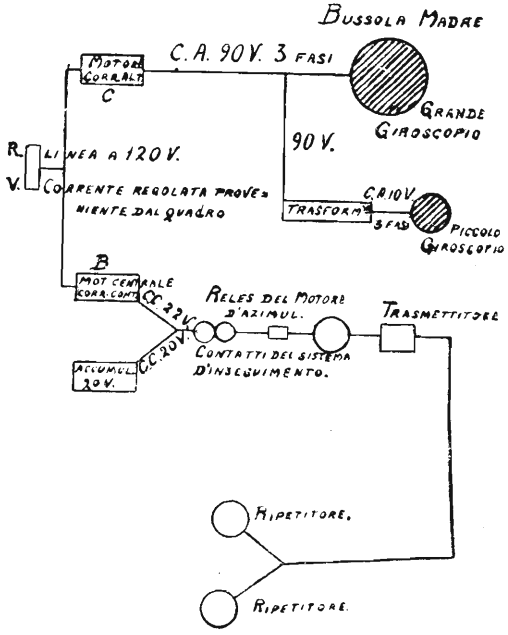


Fig. 256.

La corrente continua di bordo, mantenuta a 110 V (sui sommergibili da un regolatore di tensione) alimenta:

1°) il convertitore a corrente alternata (motore a corrente continua 110 V, alternatore trifase 90 V), che dà corrente allo statore del grande giroscopio e pel tramite del trasformatore statico (90-10 V trifasi) al piccolo giroscopio;

2°) il dinamotore (110 V - 20 V) a corrente continua, che, in parallelo colla batteria di accumulatori a 20 V, alimenta attraverso i contatti del sistema di inseguimento, il relais del motore d'azimut, il motore d'azimut, il trasmettitore e le ripetitrici.

Se per un motivo qualunque viene a mancare la corrente di bordo, il sistema automatico d'inseguimento viene automaticamente alimentato dalla batteria di accumulatori a 20 V., e poichè il girostato per la sua inerzia e per il suo minimo attrito conserva a lungo la sua volontà, la girobussola continua a dare buone indicazioni per circa due ore.

CAPITOLO XIX

§ 95 — Cenno sulle centrali di tiro e lancio

Le nuove centrali di tiro e di lancio installate sulle RR. NN. « *Trento* » e « *Trieste* » ed in esperimento su alcuni C. T. della Prima Squadra, permettono l'esatta ricostruzione del cammino percorso dal nemico, e quindi permettono di avere in ogni istante, oltre che la distanza del bersaglio, la rotta e la velocità di esso.

Mentre nelle centrali di tiro meno recenti, veniva misurato solo l'elemento distanza, per mezzo di telemetri generalmente in numero non inferiore a tre; nelle centrali moderne, oltre ad ottenere costantemente per mezzo di telemetri la distanza dal nemico, si ricava anche con continuità per mezzo di un apposito congegno, la variazione del rilevamento del nemico nella unità di tempo.

Questa misura viene eseguita con un apparecchio speciale, misuratore di differenza di rilevamento chiamato gimetro.

Il gimetro è un apparecchio giroscopico che risponde principalmente al requisito che la direzione del suo asse deve subire minimi spostamenti, quando il complesso viene ad essere assoggettato ad accelerazioni accidentali e disturbi.

Poichè vogliamo ottenere non il rilevamento vero del nemico, (essendo il rilevamento vero l'angolo che la direzione del Nord forma con la direzione della congiungente nave bersaglio), ma le variazioni di tale angolo nella unità di tempo, non si richiede a tale apparecchio l'esatto orientamento nel meridiano, orientamento che invece abbiamo visto essere richiesto alla girobussola.

L'apparecchio sistemato a bordo delle nostre unità, soddisfa ai requisiti richiesti.

La parte girostatica di esso è costituita da una incastellatura contenente tre giroscopi disposti in corrispondenza dei vertici di un triangolo equilatero e con gli assi giacenti in uno stesso piano.

Solidale alla incastellatura, e nella sua parte inferiore, è fissata una calotta sferica. Il sistema girostatico è sospeso dalla spinta di un getto di olio mandato sotto pressione da una pompetta ad ingranaggi sulla calotta sferica stessa.

Con questo dispositivo si è ottenuta la richiesta insensibilità del sistema giroscopico all'azione delle forze perturbatrici (vibrazioni dello scafo, sbandamenti della Nave dovuti al moto ondoso, variazioni di velocità, ecc.) e si ha in pratica che la deviazione dell'asse girostatico per le suddette cause accidentali nella unità di tempo (minuto primo) risulta sempre inferiore ad un millesimo.

I dati del tiro, distanze, variazioni di rilevamento del nemico, vengono trasmessi in centrale dove, mediante appositi apparecchi meccanici, vengono purificati.

Per purificazione di un dato del tiro, s'intende la eliminazione degli errori accidentali che possono essere stati commessi durante la sua determinazione.

Nei problemi del tiro, l'alzo ed il cursore sono espressi in millesimi, essendo un millesimo l'angolo di valore uguale a 3' 43" circa.

Il millesimo è più semplicemente l'angolo sotteso da una corda eguale ad una millesima parte della lunghezza del raggio del circolo.

Quindi ad esempio, per un circolo di raggio di un chilometro, l'angolo di un millesimo sottende una corda della lunghezza di un metro.

L'adozione del millesimo come unità di misura angolare, è dovuta al fatto che presenta notevoli vantaggi nei riguardi delle correzioni da apportare al cursore durante il tiro.

Si dimostra infatti che un millesimo di cursore, fa spostare il punto di caduta del proiettile, dalla parte verso cui si è dato il cursore stesso, di un numero di metri uguale al numero dei chilometri della distanza.

La stessa facilità di correzione non si presenta invece per quanto riguarda l'impiego dei millesimi nelle correzioni del tiro in gettata, ma ciò nonostante l'uso dei millesimi è di grande utilità anche nella misura degli alzi, perchè evita l'uso di numeri complessi (gradi, primi, secondi) perchè permette più semplicemente la graduazione degli alzi stessi, ed anche perchè il millesimo è una unità di misura che corrisponde alla approssimazione dei congegni di mira, maggiormente del primo d'arco che risulta troppo piccolo.

Nelle trattazioni della R. Marina che riguardano i problemi del tiro e del lancio, si chiama angolo β l'angolo che fa con la direzione della prova del bersaglio B, la direzione secondo la quale un osservatore, situato sul bersaglio stesso, traguarda la nostra nave N. Fig. 257.

L'angolo β assume valori che variano più o meno rapidamente a seconda delle velocità delle due navi, ed a seconda delle loro rotte. La conoscenza dei valori istantanei successivi di questo angolo β, permette il controllo della rotta e della velocità del nemico, ricavata, come sopra è stato detto, per mezzo della misura della distanza (telemetri) e delle variazioni del rilevamento del nemico (gimetro).

L'angolo β è ottenuto per mezzo di un apposito strumento chiamato *inclinometro*, quando esso sia graduato per la lunghezza del bersaglio espressa in metri, graduato con continuità per i successivi valori della distanza nave-bersaglio, e quando si esegua, con apposito cannocchiale, la collimazione, dei due estremi della unità-bersaglio.

L'inclinometro è dunque un apparecchio capace di misurare angoli piccolissimi, che misura direttamente l'angolo sotteso dallo scafo nemico, e che, per mezzo di congegni meccanici, risolve poi un problema trigonometrico dando automaticamente l'angolo β, la cui misura si dimostra essere dipendente appunto dai valori dell'angolo sotteso dallo scafo del bersaglio, dalla sua lunghezza e dalla distanza Nave-bersaglio.

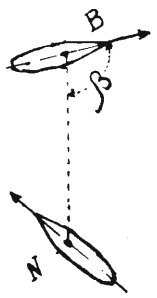


Fig. 257.

Questo angolo viene trasmesso direttamente alla centrale di tiro, dove viene utilizzato come controllo, come sopra è stato detto, oppure impiegato direttamente per la determinazione del moto del nemico, qualora sia in avaria il gimetro.

Nella centrale, in base ai suddetti elementi, vengono mediante altri appositi congegni meccanici, calcolati gli alzi, i cursori, le correzioni da apportare per la velocità del vento, per lo sbandamento delle piattaforme sulle quali sono sistemate le artiglierie, per la distanza fra pezzo e pezzo, per il moto di rotazione terrestre, ecc.

Sulle navi nelle quali sono state installate le moderne centrali di tiro si ha la punteria indiretta dei pezzi.

Abbiamo visto già, nel cenno teorico sui sistemi di punteria generale tipo « Girardelli », in cosa consiste tale punteria.

Nella punteria diretta ogni pezzo ha uno o due puntatori, i quali per mezzo di cannocchiali eseguono la punteria: il puntatore di direzione (brandeggio) centrando la linea verticale del crocicchio del cannocchiale sul bersaglio, ed il puntatore di elevazione, centrando sul bersaglio la linea orizzontale del crocicchio del cannocchiale.

Nella punteria indiretta, solo uno o due puntatori ad un congegno centrale eseguono la punteria sul bersaglio, e per mezzo di trasmissioni elettriche fanno muovere un indice su appositi quadranti (ricevitori di brandeggio e di elevazione) sistemati in numero sufficiente per ogni impianto.

Gli indici dei ricevitori si spostano anche in relazione alle correzioni del tiro sopra accennate, correzioni che, calcolate in centrale, vengono poi per mezzo di trasmissioni elettriche, aggiunte agli spostamenti prodotti dai movimenti dei cannocchiali di punteria.

I destinati alla manovra dei pezzi, azionano opportunamente i congegni

di brandeggio o di elevazione, dando al pezzo tali spostamenti da inseguire con una lancetta fissa al pezzo il corrispondente indice elettrico, mosso come si è visto dal puntatore centrale e dai trasmettitori delle correzioni.

Quando le due coppie di indici sono in collimazione, il pezzo o l'impianto risulta brandeggiato ed in elevazione secondo la punteria eseguita dal puntatore del cannocchiale centrale.

La punteria a controindice è più facile della diretta purchè i ricevitori siano di diametro sufficientemente grande e con il massimo numero di graduazioni.

Al metodo a controindice, che consiste nell'inseguire con un indice fisso al pezzo, l'indice elettrico lungo tutto l'intero quadrante, si preferisce però la punteria col metodo del riporto a zero, nella quale si ha un solo indice che si sposta rispetto ad una posizione fissa; l'indice viene mosso tanto dal trasmettitore che dall'apparecchio comandato, che nel nostro caso è il cannone o l'impianto.

Quando il movimento dell'apparecchio comandato uguaglia quello del trasmettitore, l'indice si trova a zero ossia in corrispondenza di un punto fisso del quadrante.

Inseguire un indice mobile intorno ad una posizione fissa ed animato da movimento differenziale e quindi meno rapido, è evidentemente più facile che inseguire lungo tutto un quadrante un indice animato da movimento veloce ed oscillante.

§ 96 — Trasmettitori d'ordini R. Marina a corrente alternata

La trasmissione dei dati (alzo in millesimi + correzione per il moto di oscillazione della piattaforma; brandeggio + correzione in millesimi) viene, nelle nostre centrali, effettuata elettricamente.

Gli apparecchi usati sono univoci, cioè od ogni posizione del trasmettitore corrisponde una ed una sola posizione del ricevitore.

Il principio sul quale si basano detti trasmettitori e ricevitori elettrici è il seguente:

In un circuito a corrente alternata, monofase (50 V, 50 periodi) vengono derivati due avvolgimenti M M e M'M' (fig. 258), che costituiscono i poli di un campo induttore.

Entro il campo prodotto da MM. che costituisce in pratica uno statore bipolare, ruota una spira B. Essa taglia secondo la sua posizione, cioè secondo la sua inclinazione rispetto al campo magnetico alternato generato

dalla c. a. monofase circolante nelle spire M ed M', un numero più o meno grande di linee di forza del campo stesso.

Nel campo prodotto dall'avvolgimento M'M' è posta una spira B' uguale alla spira B e collegata con essa.

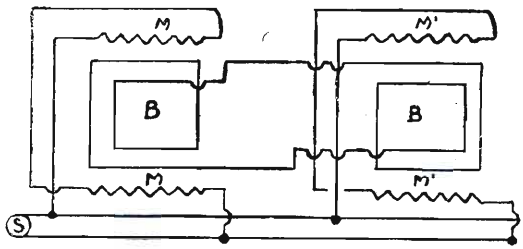


Fig. 258.

Se la spira B' non è inclinata come la spira B rispetto al campo, le due spire tagliano un differente numero di linee di forza, e si genera quindi nel circuito da esse costituito, una corrente.

La corrente che circola nelle spire B e B' agisce in esse come la corrente che percorre un indotto di un motore. Poichè la spira B (appartenente al trasmettitore), non può spostarsi dalla posizione nella quale è stata portata, ruota solo la spira B', che si arresta solo quando si annulla la corrente che la percorre. Ciò si verifica solo quando la spira B' si è portata nella stessa posizione della spira B, rispetto al flusso induttore, e ciò perchè solo quando le due spire hanno la stessa posizione, si generano in esse forze elettromotrici uguali ed opposte che si equilibrano e non danno luogo ad alcuna corrente.

Con indotti formati da una sola spira si ha però ambiguità poichè il numero delle linee di forza tagliate dalla spira è lo stesso, sia che essa si trovi nella posizione B_1 che nella posizione B_2 simmetriche rispetto alla direzione del campo, perchè inclinate su questa a destra od a sinistra rispettivamente dello stesso angolo (v. fig. 259).

Ad una posizione B_1 della spira B del trasmettitore, potrebbe cioè corrispondere una posizione B_2 della spira B' del ricevitore; cioè in questa posizione può avendosi l'equilibrio elettrico nel circuito delle spire, la posizione della spira B' del ricevitore, risulterebbe errata.

Occorre perciò sistemare almeno due spire non a 180° fra loro per togliere ogni ambiguità. In pratica sono sistemate tre spire a 120° fra loro, che costituiscono gli avvolgimenti dei rotori dei trasmettitori e dei ricevitori.

Con tre spire si aumenta anche la forza direttiva degli indotti.

Il collegamento viene fatto a triangolo, per impiegare solo tre conduttori di linea (fig. 260).

Un notevole vantaggio di questi trasmettitori elettrici è la completa indipendenza che hanno gli indotti dalle variazioni della tensione di bordo, che influisce ugualmente sui due avvolgimenti induttori, variando solo la forza del campo.

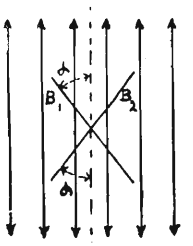


Fig. 259.

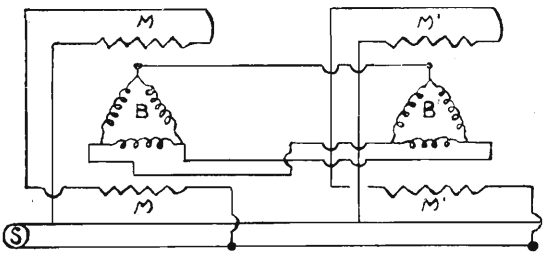


Fig. 260.

E' inoltre evitata la possibilità di sfasamenti. Infatti se esiste la tensione nel circuito di alimentazione a corrente alternata, certamente il trasmettitore ed il ricevitore sono in fase.

Se manca la tensione nel circuito di eccitazione ed i trasmettitori vengono mossi, essi si sfasano rispetto ai ricevitori, gli indotti dei quali rimangono fermi; ma al ritorno della tensione, si ha immediatamente la automatica messa in fase dei ricevitori i cui indotti ruotano fino a portarsi nella posizione simile a quella raggiunta dai trasmettitori.

Un altro grande vantaggio che questi apparecchi presentano è costituito dal fatto che quando i rotori si trovano nella posizione di equilibrio, in essi non circola corrente, ed è quindi escluso l'inconveniente di un loro riscaldamento per qualsiasi durata continua del loro impiego.

Come si vede gli apparecchi usati sono di semplicissima struttura e possono assumere dimensioni ridotte.

Hanno obbedienza di funzionamento praticamente istantaneo, con conseguente perfetto sincronismo fra trasmettitore e ricevitore. Il numero di posizioni elementari attendibili è però infinito solo in teoria perchè viene limitato dagli attriti e da un intervallo di incertezza che si ha per ogni posizione.

Il numero di posizioni elementari *sicure* che può fornire tale trasmettitore si ritiene sia di 50.

Volendo trasmettere un numero maggiore di posizioni, ad esempio *200*, si potrebbero collegare con rapporto opportuno due trasmettitori. Avendo

un trasmettitore a 50 posizioni e volendo trasmetterne 200, il rapporto risulterebbe di 1 : 4.

I detti trasmettitori comanderebbero due ricevitori indipendenti portanti ciascuno un quadrante. Quello comandato dal trasmettitore senza rapporto di movimento costituisce il « ricevitore veloce », l'altro, il « lento » (fig. 261).

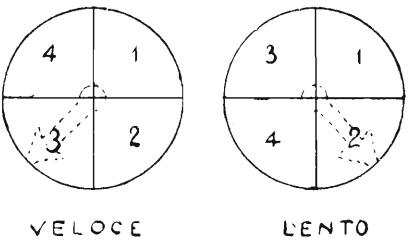


Fig. 261.

Per seguire l'esatta punteria e controllare che non vi siano sfasamenti di uno o più giri, il puntatore seguendo normalmente l'indice veloce, non dovrebbe perdere di vista il lento. Non osservando questa prescrizione, dati i movimenti spesso assai rapidi dell'indice elettrico veloce, egli potrebbe trovarsi con l'indice meccanico a 180° dall'elettrico senza sapere da che parte inseguirlo.

Il dover controllare i due quadranti, lento e veloce, costituisce una difficoltà, e per questa ragione è stato quindi risolto il problema facendo i ricevitori di punteria con quadranti *unici*, capaci di 200 posizioni elementari, rappresentanti nel tiro 200 millesimi. La notevole ampiezza di tali ricevitori migliora l'elemento *campo*, che è fra gli elementi fondamentali per ottenere una buona punteria.

Per semplicità di esposizione supponiamo di voler trasmettere solo 16 posizioni con due trasmettitori a 4 posizioni elementari. Collegandoli come sopra si è visto con rapporto di movimento 1 : 4, e dotando il ricevitore lento e il veloce di un quadrante ciascuno, potremo sempre compiere la lettura della posizione trasmessa.

Nel caso della fig. 261 avremo che la lettura è 7; perchè mentre il veloce è nella posizione 3, il lento ci indica che siamo al 2° giro.

Vediamo come si possa compiere ugualmente la lettura su un quadrante unico a 16 posizioni, disponendo degli stessi trasmettitori e ricevitori a 4 posizioni elementari del caso adesso illustrato.

Sull'asse del ricevitore veloce (fig. 262) calettiamo un rocchetto centrale di diametro 4 *d*. Ad ogni giro del rocchetto piccolo corrisponderà un quarto di giro del rocchetto gfande. Supponiamo di fissare al rocchetto grande 4 indici a 90° fra loro.

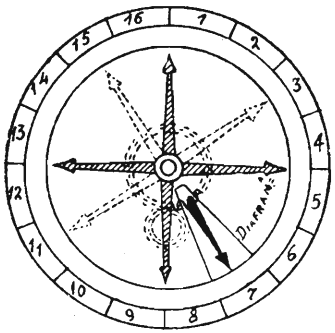


Fig. 262.

Riferendoci all'esempio precedente, quando il rocchetto piccolo, comandato dal ricevitore veloce ha compiuto un giro e ¾, i quattro indici a 90° occupano rispettivamente le posizioni 3, 7, 11, 15 del quadrante. Nel precedente caso di due ricevitori con due quadranti indipendenti, leggendo sul veloce 3 e sul lento 2, sapevamo subito che la lettura da farsi era 7.

Nell'attuale caso non sappiamo invece a quale dei quattro indici corrisponde la lettura esatta. Per poter individuare il quadrante nel quale si deve compiere la lettura (il che corrisponde a sapere quanti giri ha fatto il ricevitore lento), si caletta sull'asse dell'indotto del ricevitore lento un oscuratore portante una sfinestratura attraverso la quale è visibile uno solo degli indici. Nell'esempio già visto, poichè il lento si trova sulla sua seconda posizione, la sfinestratura del diaframma è in corrispondenza del 2° quadrante; quindi dei 4 indici è visibile solo quello che trovasi in detto quadrante e che, come si è visto, indica la posizione 7. Gli altri 3 indici risultano coperti dal diaframma, e di conseguenza la lettura si effettua senza alcuna ambiguità.

I ricevitori di punteria usati nelle sistemazioni di punteria, come è già stato detto, si spostano anche in relazione alle correzioni del tiro, che calcolate in centrale, vengono ad aggiungersi agli spostamenti dovuti ai movimenti dei cannocchiali di punteria.

Nelle navi sulle quali si ha la installazione delle moderne centrali di

tiro, la punteria con riporto dell'indice nei ricevitori del tipo R. Marina ora descritti è realizzata nel seguente modo:

Una trasmissione meccanica dell'elemento comandato (cannone) fa ruotare *lo statore del ricevitore*. Supponiamo che l'indice, per effetto di una trasmissione, si sposti dallo zero, assumendo una nuova posizione rispetto allo statore fermo; se lo statore ruota, ruota anche il campo induttore alternativo che è ad esso connesso, e l'indotto, recante l'indice viene trascinato da tale rotazione, non potendo essere variata la sua posizione relativa rispetto allo statore.

Perchè l'indice ritorni a zero lo statore deve ruotare di una quantità uguale e contraria al movimento iniziale dell'indotto rispetto allo statore fermo.

Poichè, come si è detto, la posizione relativa dell'indice rispetto allo statore non è variata durante la rotazione di questo, si comprende come nessun disturbo venga arrecato al funzionamento elettrico del complesso trasmettitore ricevitore; quest'ultimo funziona dunque come un vero e proprio differenziale elettrico.

§ 97 — Cenno sulle varie applicazioni dei trasmettitori d'ordini R. Marina

I trasmettitori d'ordini nuovo tipo R. Marina a corrente alternata, usati per l'asservimento a controindice dei pezzi, possono essere impiegati anche per qualunque altra trasmissione di ordini.

Così, nel cenno già effettuato circa la esecuzione della manovra e distanza dei proiettori, è già stato detto che l'asservimento a controindice dei proiettori viene effettuato con i trasmettitori R. Marina a corrente alternata, con funzionamento perfettamente analogo a quello descritto per l'asservimento dei pezzi.

Questi trasmettitori vengono anche usati per trasmissione degli ordini dalla plancia alla macchina, e prendono allora il nome di « Telegrafi di macchina ».

E' già stato detto che le posizioni elementari sicure che può fornire tale trasmettitore, si ritengono essere non superiori a 50.

Poichè gli ordini da impartire dalla plancia alla macchina, relativi alle andature della macchina stessa, sono in numero notevolmente inferiore a 50, nei telegrafi di macchina, non si è avuta la necessità di fare uso del dispo-

sitivo al quale si è ricorso per l'asservimento dei pezzi, allo scopo di avere 200 indicazioni.

A causa però della evidente grande importanza dei telegrafi di macchina, e della necessità di conoscere in plancia se l'ordine trasmesso è stato oppur no esattamente ricevuto ed eseguito: mentre gli usuali trasmettitori d'ordini si compongono di un apparecchio trasmettitore e di uno o più apparecchi ricevitori, i telegrafi di macchina hanno sia nel locale dal quale si trasmette che nel locale dal quale si riceve, un complesso composto di un trasmettitore e di un ricevitore.

Questo perchè, l'ordine trasmesso dalla plancia appena ricevuto in macchina, deve essere trasmesso nuovamente dalla macchina, e ricevuto in plancia a conferma dell'ordine precedentemente dato.

Altra applicazione dei trasmettitori d'ordini R. Marina a corrente alternata, può essere fatta agli indicatori degli angoli di barra, che sono apparecchi situati in plancia che dànno le indicazioni in gradi della posizione del timone, come pure a qualunque altro apparecchio, le cui indicazioni debbano essere trasmesse a distanza.

CAPITOLO XX

Generalità sulle centrali elettriche

§ 98 - Cenni sugli impianti terrestri

Nell'uso comune, diconsi *centrali* le officine ove si produce una certa quantità di energia elettrica, a spese di una quantità corrispondente (sempre superiore) di energia termica od idraulica.

Le centrali diconsi *idroelettriche*, se utilizzano energia idraulica per mezzo di apposite sistemazioni e macchinari; *termoelettriche* se utilizzano energia termica, per mezzo di altre sistemazioni e di altri macchinari.

Viene inoltre effettuata un'altra distinzione a seconda che esse siano destinate a produrre corrente continua o corrente alternata.

Negli impianti terrestri, è generalmente adottata la corrente alternata, e ciò è dovuto anche alla facilità con la quale la energia elettrica così erogata, può essere variata nei suoi elementi, intensità e tensione, mediante i trasformatori statici, dei quali abbiamo già visto l'elevato rendimento.

Le centrali idrauliche non possono sorgere che là dove si trovano, od è possibile far giungere, rilevanti masse d'acqua che precipitando per un forte dislivello acquistano una elevata velocità; cioè dove esistono i due elementi necessari, acqua e dislivello. Le centrali idrauliche, cioè, poichè sfruttano « potenza idraulica » offerta dalla natura, sono vincolate a quei luoghi nei quali detta potenza esiste e si presta ad essere utilizzata.

Per questa ragione, nella maggior parte dei casi, le stazioni generatrici sorgono in luoghi che distano molte decine, ed anche centinaia di chilometri da quelli nei quali della energia elettrica vien fatto uso.

Al costante aumento della potenza elettrica erogata da ogni centrale, è inoltre corrisposta una maggiore estensione della zona di utilizzazione di detta energia, il che ha reso sempre più importante il problema del trasporto della energia elettrica stessa, sia per il costo dell'impianto

(conduttori — pali di sostegno, isolatori) sia per la perdita della energia lungo la linea.

Abbiamo precedentemente visto che, se una corrente di intensità I, percorre un conduttore di resistenza R, la potenza elettrica che si trasforma in calore, e quindi nel presente caso, la potenza dispersa lungo la linea, è espressa dalla formula:

$$W = R\, I^2$$

Si osserva cioè che detta potenza dissipata in calore, è indipendente dalla tensione, e direttamente proporzionale invece al quadrato della intensità della corrente, ed alla resistenza del conduttore.

Per rendere minore questa perdita, bisogna dunque diminuire la I, intensità di corrente, e possibilmente ridurre la R, ma da quanto sopra è stato detto si rileva che l'effetto maggiore si ottiene con la riduzione della intensità della corrente che percorre il conduttore.

Poichè la potenza elettrica generata è espressa dalla relazione:

$$W_g = I\, V$$

(per la corrente continua, ed anche per la corrente alternata, supponendo $\cos \varphi = 1$) si vede facilmente che volendo trasmettere la stessa potenza, si può ridurre la intensità di corrente, aumentando corrispondentemente la tensione.

Per quanto gli alternatori (altra importante ragione di preferenza dell'uso della corrente alternata), si prestino per la mancanza del collettore, più delle generatrici a corrente continua, alla produzione di energia elettrica ad alta tensione, non si raggiunge in genere una tensione così alta, da poterla ritenere conveniente per il trasporto della energia a distanza.

Infatti la f.e.m. generata da un alternatore, come è già stato studiato, è espressa dalla formula:

$$E = y\, p\, n\, N\, \Phi$$

nella quale sono rispettivamente:

E — il valore massimo della f.e.m. generata;
y — un coefficiente che dipende dalla forma della corrente alternata e dal numero delle scanalature per ogni gruppo di conduttori;
p — il numero delle coppie polari;
n — il numero dei giri al minuto;
N — il numero dei fili attivi;
Φ — il flusso uscente da un polo;

elementi tutti che non è possibile, per ragioni di costruzione e di resistenza dei materiali, elevare oltre un certo limite.

Da ciò la necessità della trasformazione della energia elettrica in altra a tensione maggiore ed intensità più bassa; necessità che costituisce un'altra causa di preferenza della corrente alternata, che può essere trasformata staticamente, e con elevato rendimento; mentre per la simile trasformazione della corrente continua è necessario l'uso di macchine rotanti, le convertitrici, che hanno un rendimento inferiore ai trasformatori statici, e necessitano di una più accurata manutenzione e sorveglianza.

Quando l'energia così trasformata ad altissima tensione, giunge sul luogo della utilizzazione, viene nuovamente trasformata prima di essere distribuita ai vari utenti.

I primi trasformatori citati che hanno l'ufficio di elevare la tensione, si chiamano *trasformatori in salita;* mentre quelli che abbassano la tensione nel luogo di distribuzione e di utilizzazione dell'energia, si chiamano *trasformatori in discesa.*

La ragione della utilizzazione della energia elettrica ad una tensione che generalmente non supera i 250 V., è da ricercarsi nel periodo che detta energia elettrica a tensione superiore presenterebbe per gli organismi umani, ed anche al costo ed alle difficoltà sempre maggiori che l'aumento della tensione causerebbe per l'isolamento degli utenti.

Abbiamo visto che una riduzione della potenza elettrica dissipata in calore lungo la linea, si ottiene anche con la diminuzione della resistenza ohmica offerta dalla linea stessa al passaggio della corrente.

E sappiamo che la resistenza ohmica R, di un conduttore, è data in ohm dalla relazione:

$$R = \rho \frac{1}{s} \text{ essendo:}$$

ρ — Resistenza specifica del metallo di cui il conduttore è costituito, espressa in ohm;

l — lunghezza del conduttore, espressa in cm.:

s — sezione del conduttore, espressa in $cm.^2$

Nel caso considerato della trasmissione a distanza della energia elettrica, la lunghezza del conduttore è quella richiesta, e non può essere comunque variata.

I conduttori vengono già scelti di un metallo (rame) che offre la minor resistenza specifica in unione a un prezzo non eccessivo.

Per diminuire R, bisognerebbe dunque aumentare la sezione s del con-

duttore, ma ciò potrebbe dar luogo a gravi inconvenienti quali un forte aumento del peso di linea, del numero dei pali, dello sforzo che i pali stessi devono sostenere, ecc.: con un aumento del costo d'impianto così rilevante da divenire presto proibitivo.

Per questa ragione, in genere, nel progetto di una linea per il trasporto a distanza di una certa potenza elettrica, viene inizialmente stabilita la percentuale di perdita per effetto joule, che può essere subìta, ed in relazione a questo elemento fissato, si calcola la tensione di linea, e la sezione del conduttore da usare.

E' a questo proposito utile osservare, che a pari potenza dissipata in calore lungo un conduttore, la sezione del conduttore stesso è direttamente proporzionale al quadrato della intensità di corrente che la percorre.

Cioè, a parità di potenza dissipata in calore, la sezione di un conduttore cresce come il quadrato della corrente che trasporta e viceversa.

Sia infatti s la sezione di un conduttore nel quale circola la corrente I.

Se R è la resistenza ohmica del conduttore, la potenza elettrica dissipata in calore, è data dalla relazione:

$$W = R\, I^2 = \rho \frac{1}{s} I^2$$

Facciamo ora circolare la corrente $\frac{I}{n}$ in un conduttore di egual metallo e di uguale lunghezza, del quale suppongasi di poter variare la sezione, finchè non si riscontri una dissipazione d'energia in calore, uguale a quella che si aveva precedentemente. Avremo, chiamando con R_1 la resistenza del nuovo conduttore:

$$W = R_1 \frac{I^2}{n^2} = \rho \frac{1}{s_1} \frac{I^2}{n^2} \qquad (1)$$

ed uguagliando le due relazioni scritte:

$$R\, I^2 = R_1 \frac{I^2}{n} \text{ da cui } R_1 = R\, n^2 \qquad (2)$$

Avendo cioè ridotta la corrente fino al valore $\frac{I}{n}$, si è potuto fare uso di un conduttore di resistenza $R\, n^2$, avendo la stessa perdita di potenza in calore.

Dal confronto delle due relazioni (1) (2) si ottiene pure:

$$\rho \frac{1}{s} = \rho \frac{1}{s_1\, n^2} \text{ da cui } S = \frac{s}{n^2}$$

Avendo ridotta la corrente ad $\frac{I}{n}$, è stato possibile ridurre la sezione del conduttore ad $\frac{s}{n^2}$, sopportando la stessa potenza per effetto joule.

Un rudimentale schema di un impianto idroelettrico è quello della figura 263. L'acqua è derivata dal corso di acqua o lago artificiale superiore A, a mezzo di opportune opere di *presa* B che consistono in adeguate opere di sbarramento o di regolazione, atte a convogliare l'acqua verso il *canale derivatore* C. Da questo, a lieve pendenza, l'acqua è convogliata, vuoi in galleria, vuoi allo scoperto, ad un *bacino di carico* D, posto in posizione elevata al di sopra dell'edificio della centrale, e dal quale ha origine la *condotta forzata*, formata da uno o più tubi paralleli di acciaio o di cemento

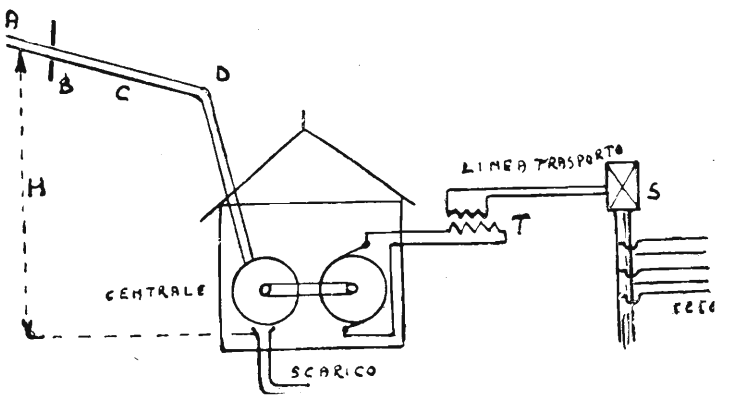


Fig. 263.

armato, disposti in forte pendio e robustamente ancorati al suolo. Si possono raggiungere dislivelli, fra il bacino di carico e la centrale, sino ad oltre mille metri. In centrale l'acqua è distribuita alle turbine a mezzo di diramazioni munite di valvole manovrate dai motori. In centrale si hanno sempre più *unità* o *complessi* ciascuno dei quali è costituito da gruppi *motore generatore* accoppiati direttamente sullo stesso asse. I gruppi sono sistemati in una grande sala, chiamata *sala macchine*, bene illuminata, in fondo alla quale è situato, sollevandolo dal suolo il *quadro di distribuzione*, ove sono riuniti gli apparecchi di controllo e di manovra.

L'acqua all'uscita dalle turbine si scarica in un apposito *canale di scarico* situato nel sottosuolo della sala macchine lungo le turbine.

Nella sala delle macchine si trovano anche le *dinamo eccitatrici* se si tratta di impianto a corrente alternata, mosse da turbine di potenza minore. L'energia elettrica è convogliata dai generatori in parallelo alle *sbarre a bassa tensione* (fino a 10.000 volts) e, da queste, a gruppi di trasformatori che elevano la tensione ed hanno i circuiti indotti (secondari) in parallelo sulle sbarre

collettrici ad alta tensione (60.000-150.000 volts). L'energia elettrica da queste poi va alla linea esterna attraverso *apparecchi di protezione*, che proteggono la centrale da pericolose sovratensioni che potrebbero venire dall'esterno, o da scariche ecc.

Il tutto è poi completato da apparecchi di controllo e di misura, apparecchi per la messa in parallelo, apparecchi di protezione (valvole, coltelli, separatori, interruttori automatici ecc.).

Il più delle volte nelle centrali accanto alla sala macchina, coperta da tettoia, vi è un edificio a tre piani, detto quadro, che sovrasta di poco la tettoia di copertura della sala macchina. Al piano terreno sono situati i trasformatori, l'officina di riparazione, ecc., sopra gli interruttori, gli apparecchi per il quadro, ecc., ed in alto in una gran sala, gli apparecchi di protezione e l'uscita della linea esterna.

Frequenze industriali. — Le principali frequenze industriali sono:

50 periodi al 1" in Toscana e nel Piemonte; 42 periodi al 1" in Liguria e in Lombardia e nell'Italia meridionale; 46 periodi al 1" nel Lazio.

In Inghilterra ed in gran parte dell'America è usata la frequenza di 60 periodi al 1".

Per la trazione in America è usata la frequenza di 25 periodi al 1", mentre la frequenza di 60 periodi al 1" è usata per la luce.

In Italia le Ferrovie dello Stato usano per la trazione la frequenza di 25 periodi al 1" per la corrente alternata monofase e quella di 16 2/3 periodi al 1" per la *corrente alternata trifase*.

§ 99 — **Generalità sulle centrali elettriche a bordo delle RR. Navi**

Abbiamo visto che attualmente negli impianti terrestri, in generale si preferisce la corrente alternata alla corrente continua, e ciò sia per il rendimento e la facilità di trasformazione di detta corrente per mezzo dei trasformatori statici, sia per la mancanza del collettore (commutatore) nelle macchine a corrente alternata, mancanza che permette l'assunzione di tensioni più elevate, ed una manutenzione meno frequente e meno accurata alle macchine stesse.

Negli impianti navali odierni, viene invece usata in massima parte la corrente continua, perchè con essa la condotta dell'impianto risulta più semplice, permettendo di non tener conto delle capacità e delle induttanze delle linee di distribuzione della energia elettrica.

Ho detto che in massima parte a bordo si usa corrente continua, perchè pure essendo universalmente adottato il principio di alimentare a corrente continua i circuiti elettrici adibiti alla illuminazione della Nave, vi sono alcuni apparecchi, che per il principio sul quale si basa il loro funzionamento, ed alcuni motori, che per il servizio che devono disimpegnare, sono sulle Navi di varie Marine da Guerra alimentati a corrente alternata.

Siccome la corrente alternata usufruita a bordo, è una piccola percentuale della energia totale, le centrali elettriche delle Navi, sono progettate per la erogazione di corrente continua, della quale una piccola parte viene successivamente trasformata in alternata, per mezzo di convertitori rotanti; in genere complessi motore-alternatore.

L'energia meccanica per azionare le macchine dinamo elettriche sulle Navi, è fornita da macchinari a vapore, e da motori a combustione interna tipo Diesel od a testa calda.

Le macchine dinamo elettriche, azionate da macchinari a vapore (oggi quasi totalmente turbodinamo) sono quelle destinate per fornire l'energia elettrica durante la navigazione, e principalmente durante il combattimento.

Sono quindi create e sistemate con criteri strettamente dipendenti da questa loro mansione.

Con il rapido continuo progresso del materiale elettrico che ha giustificato e determinato il costante aumento degli utenti elettrici a bordo delle unità da guerra, e la loro importanza sempre maggiore, una Nave che in combattimento rimanga sprovvista di energia elettrica, se non rimane completamente in balia del nemico, perde però durante tale intervallo, una importante percentuale della sua efficienza.

Per questo il numero delle stazioni generatrici a vapore è sempre maggiore di uno, esse devono trovarsi nei locali più riparati dalle offese nemiche, ed ogni macchina deve essere sufficiente a fornire tutta l'energia elettrica necessaria alla Nave in combattimento.

Le macchine dinamo elettriche, azionate da motori a combustione interna tipo Diesel, od a testa calda, sono invece destinate a fornire l'energia elettrica durante le soste delle Navi in porto.

Tali complessi dei quali sono dotate tutte le nuove Unità, sono stati anche aggiunti sulle Navi meno recenti sulle quali una caldaia a turno doveva sempre rimanere in funzione per alimentare la turbodinamo ed i macchinari ausiliari.

Il notevole aumento di potenza degli apparati motori marini dovuto alla incessante ricerca di ottenere velocità sempre superiori, ed il sempre più limitato numero delle caldaie fra le quali detta potenza è suddivisa, ha portato ad

una maggiore grave sproporzione fra la spesa necessaria al funzionamento continuo di una caldaia, e l'energia utilizzata nel quotidiano esercizio di porto. Il rapido progresso subìto dai motori Diesel, in sicurezza e durata di funzionamento, in leggerezza e dimensioni, ha permesso la loro introduzione sulle Navi, apportando così, durante i lunghi periodi di sosta in porto, con lo spegnimento completo delle caldaie, una notevolissima economia sia nel consumo del combustibile, come nel logoramento delle caldaie stesse e dei macchinari ausiliari che potranno così più a lungo e meglio mantenere la loro completa efficenza per il compito principale della propulsione, e rimanere sempre pronti allo sviluppo della massima potenza nell'eventuale impiego delle Unità in combattimento, ultimo e più alto scopo della costruzione e di ogni esercitazione della nave stessa.

Questa rapida esposizione giustifica e determina la suddivisione delle generatrici di energia elettrica a bordo delle navi da guerra in:

a) Generatrici principali. (Turbodinamo);

b) Generatrici secondarie. (Complessi elettro-generatori azionati da motori Diesel o da motori a testa calda).

Per entrambe il motore che fornisce l'energia meccanica, deve essere munito di un sensibile regolatore di velocità la cui azione mantenga la macchina a velocità praticamente costante anche con notevoli variazioni del carico, e da un congegno di sicurezza che chiamasi « congegno automatico di scatto » che arresta il motore stesso quando, per un accidentale cattivo funzionamento del regolatore di velocità, il rotore oltrepassa il numero massimo di giri stabilito, oltre il quale potrebbero aversi danni per distacco di organi periferici a causa della forza centrifuga.

Generatrici principali. — Sono costituite da turbodinamo, e sono situate sotto il ponte protetto, come lo richiede la primaria importanza del loro compito.

Nelle Navi « Ancona » - « Taranto » - « Bari » il numero delle generatrici principali, per le ragioni già citate della minore durata del loro impiego, è stato ridotto a due, una per stazione (locale completamente stagno); una sul lato dritto, ed una sul lato sinistro, perchè una di esse, quella del lato opposto al nemico, venga a trovarsi nella migliore condizione rispetto alle offese apportate dal nemico stesso.

Infatti si comprende facilmente come sia preferibile avere una centrale elettrica completamente distrutta, e l'altra incolume, all'averle ambedue danneggiate, anche non molto gravemente. E' bene tener presente che ogni avaria al materiale elettrico, causata da offese nemiche e per quanto non grave, obbliga sempre ad un lavoro che difficilmente sarà compiuto in pochi minuti.

La sistemazione suddetta, è dunque quella che meglio si presta ad escludere la interruzione e la mancanza dell'energia elettrica a bordo, tenuto conto, sia delle offese nemiche, sia dei probabili sbandamenti, in generale trasversali, da quelle causati.

Questa disposizione delle generatrici, con la disposizione che sarà descritta dei circuiti elettrici, sistemati con egual criterio, permette la massima sicurezza possibile di funzionamento degli utenti durante la fase più importante, più sostanziale e più critica di ogni nave, il combattimento. Sulla R. N. « Trieste » e sulle altre similari, a differenza di quanto è stato fatto sui tipi « Ancona », si hanno due turbodinamo da 150 Kw. ed una terza da 160 Kw. collocate in un unico locale poppiero protetto; ma questa disposizione è dovuta come vedremo alla pure diversa sistemazione delle generatrici secondarie.

I requisiti fondamentali ai quali deve soddisfare ciascuno di tali complessi elettrogeneratori sono:

1°) Fornire tutta la energia elettrica necessaria in combattimento. Perchè come abbiamo visto si vuole che l'efficenza della Nave non risulti sensibilmente menomata dalla più o meno grave avaria prodotta ad una delle due generatrici;

2°) Presentare un minimo ingombro. E' stato detto che i complessi elettrogeneratori, sono situati in locali sottostanti al ponte di protezione, e considerando che anche gli apparati motori, i depositi munizioni etc. devono essere protetti e colà sistemati, si comprende la necessità che le centrali elettriche occupino uno spazio limitato il più possibile.

3°) Presentare un minimo peso — relativamente alla potenza che deve essere fornita, compromesso esistente per tutti gli organi elettrici, meccanici ed idraulici sistemati a bordo;

4°) Il complesso deve essere bene equilibrato, ossia non deve provocare eccessive vibrazioni che danneggerebbero il complesso stesso, causando, come nella pratica si è riscontrato, oltre che notevole scintillìo al collettore, numerose avarie alle tubolature di refrigerazione, ed altre avarie occasionali agli organi più delicati;

5°) La condotta del complesso deve essere semplice e la sua sorveglianza durante il moto facile e completa.

Generatrici secondarie. — Esse sono azionate da motori Diesel o da motori a testa calda.

Dovendo fornire la energia necessaria ai servizi di porto, sono progettate

di potenza tale da sopperire a tutte le necessità della Nave in tale servizio; più una certa percentuale, onde permettere anche il funzionamento per prova o manutenzione dei macchinari elettrici necessari in navigazione od in combattimento, purchè tale prova o manutenzione venga necessariamente eseguita successivamente e per ciascuno di essi.

Il numero di tali generatrici sulle Navi tipo « Ancona » e « Taranto », è di due, ma è ancora maggiore per alcune navi di altre marine e deve essere tale da offrire la completa sicurezza del funzionamento continuo, senza la quale nessun Comandante può ordinare di buon grado lo spegnimento totale delle caldaie.

Per detto carattere di continuità che è richiesto al loro funzionamento, gli elettrogeneratori secondari sono sistemati in locali che per la loro ubicazione ed aereazione si prestano al servizio del personale di guardia, e dove i lavori di manutenzione e riparazione che tali motori richiedono sovente, possono essere eseguiti con l'assidua, diligente e scrupolosa cura, necessaria per il buon funzionamento dei complessi stessi.

A tale sistemazione si presta la considerazione che detti complessi non devono essere posti in locali protetti, essendo concepiti unicamente come fattori di notevole economia di esercizio dell'impianto, e più ancora come organi secondari che permettono un non trascurabile minor consumo dei macchinari principali (caldaie, turbodinamo).

Infatti essendo le due stazioni generatrici principali sistemate nella parte più protetta e vitale della Nave, non potranno essere ambedue colpite dalle opere di distruzione delle offese nemiche, se non quando nessun altro organo importante della nave avrà pure persa la sua efficenza, ed anche i circuiti stessi saranno in condizioni di non poter più trasportare l'energia.

Sulla R. N. « Trieste » e similari, in relazione a quanto è stato detto circa la disposizione delle generatrici principali, le generatrici secondarie sono due; ciascuna di essa costituita da un complesso Diesel-dinamo da 150 Kw., ed invece situate entrambe in una unica stazione protetta di prora. Ciò perchè si è voluto che i complessi Diesel-dinamo costituissero essi pure in combattimento una ulteriore riserva per la quale, la energia elettrica continuerà ad essere fornita ai circuiti anche quando in seguito alle offese del nemico alle caldaie, od alla tubolatura del vapore, non potrà più aver luogo la produzione del vapore stesso, ed il suo arrivo alla turbodinamo.

§ 100 — Cenno sulla parte elettrica della dinamo Thomson Houston di 150 Kw. e 110 V.

La dinamo sistemata sulle nostre Navi da battaglia, fino ad oggi in servizio, è quella Thomson Houston da 150 Kw. e 110 V. Essa è azionata da un motore a turbina tipo Curtis ad azione, a ruote multiple, a pressione e velocità graduali.

La turbodinamo fa 3000 giri al minuto, un regolatore automatico di velocità a forza centrifuga provvede a mantenere costante la velocità, ed un congegno di sicurezza, scatto automatico, pure a forza centrifuga, chiude l'immissione del vapore, qualora per cattivo funzionamento del regolatore, la turbina acceleri oltre la velocità di 3250 giri.

Una apposita pompetta ad ingranaggi, mossa dalla turbina stessa, provvede alla circolazione dell'olio per la lubrificazione dei cuscinetti lungo l'asse di rotazione (pressione 20/40 libre).

L'olio a sua volta è refrigerato in un apposito recipiente chiamato refrigeratore, esternamente al quale circola l'acqua di mare.

La carcassa della dinamo, ed i cuscinetti sono raffreddati mediante circolazione di acqua.

La dinamo è tetra-polare con avvolgimento di compensazione e poli ausiliari.

In serie con l'indotto si ha il circuito compensatore, costituito da quattro matasse divise in due gruppi, ogni gruppo costituito da due matasse in serie, ed il circuito dei poli ausiliari di commutazione, anch'esso costituito da due gruppi in parallelo, ciascuno formato da due matasse in serie.

Poichè il circuito di compensazione dovrebbe costituire l'immagine elettrica del circuito dell'indotto, le spire del circuito di compensazione sono largamente distribuite lungo la periferia della carcassa, mentre le spire di eccitazione dei poli ausiliari sono addensate in corrispondenza delle mezzerie dei tratti compresi fra i poli principali. Mancano le masse polari e quindi gli avvolgimenti della carcassa sono alloggiati entro scanalature della carcassa stessa. E' già stato detto, che mentre il circuito di compensazione ha lo scopo di combattere la reazione d'indotto, ai poli di commutazione è invece riservato il compito di preparare nella spira in commutazione, una f.e.m. dello stesso segno di quella con la quale la spira in commutazione va a collegarsi.

Derivata ai capi del circuito costituito dalle spire di compensazione e dai poli di commutazione è una resistenza induttiva, formata da molte spirali di ferro immerse nell'olio, e contenuta in una cassetta di ghisa. Quando la dinamo è a regime la corrente generata dall'indotto passa per nove decimi nell'avvol-

gimento compensatore e dei poli ausiliari e per un decimo nella resistenza induttiva: in modo che gli amperspire di compensazione eguagliano gli amperspire di reazione.

Nei riguardi del funzionamento a regime la resistenza derivata potrebbe essere soltanto ohmica; ma il costruttore preoccupandosi dei periodi di regime variabile (scatto dei massimi di un utente principale), durante i quali è pure necessario mantenere l'anzidetto rapporto tra le due correnti, ha realizzato questa condizione anche per le impedenze, poichè nei circuiti derivati a corrente alternata le correnti si dividono in ragione inversa delle impedenze.

E' da ricordare che sia il flusso di reazione, come la f.e.m. di commutazione, sono quantità strettamente legate al carico, ossia alla intensità della corrente che percorre l'indotto; da ciò la necessità di mettere in serie coll'indotto il circuito di compensazione ed il circuito dei poli di commutazione.

L'indotto è a tamburo, l'avvolgimento è embriciato, ed in parallelo con 60 scanalature.

Le scanalature a sezione rettangolare, contengono ciascuna due conduttori.

I conduttori sono costituiti da spranghette di rame isolate accuratamente e di sezione di m/m 3,5 × 16.

Il salto è stato determinato, con la formula già citata:

$$N = 2\,p\,y \pm 2\,p.$$

da cui, nel presente caso:

$$y = \frac{N \pm 2\,p}{2\,p} = \frac{N + 1}{2\,p}$$

cioè:

$$y = \frac{120}{4} - 1 = 29 \qquad y_2 = \frac{120}{4} + 1 = 31$$

Dei due valori si è scelto il primo y = 29, ma siccome l'avvolgimento è a due strati si sarebbe avuto come salto, $y = \frac{29}{2} = 14{,}5$ numero non intero.

Si è per questo fatto differente il passo y' sulla fronte anteriore dell'indotto da quello y'' sulla faccia posteriore, e furono adottati i passi 14 per la parte anteriore e 15 per la parte superiore, ma quest'ultimo eseguito in senso contrario al moto delle sfere dell'orologio.

Nella parte posteriore dell'indotto si trovano sei anelli di rame, di piccolissima resistenza homica, ognuno dei quali congiunge due sbarrette opposte

dell'indotto, queste connessioni, che si chiamano « connessioni equipotenziali » occorrono, per eliminare gli squilibri elettrici, dovuti ad eventuali decentramenti meccanici del rotore.

Infatti un decentramento qualsiasi dell'indotto accresce da una parte l'intraferro, e lo diminuisce dalla parte opposta. Ciò fa sì che alcune spire sono sede di una forza elettromotrice maggiore di quella delle spire diametralmente opposte, e che conseguentemente si generino nell'indotto delle correnti interne. Queste correnti vengono avviate invece a percorrere connessioni equipotenziali, con minima perdita d'energia, a causa della loro piccolissima resistenza homica.

L'indotto è provvisto di circolazione forzata d'aria. Questa è aspirata da alcune solcature elicoidali del piatto anteriore dell'indotto, poste in modo da costituire un ventilatore.

L'aria, uscente dalla massa dell'indotto, è riflessa dalla defensa di questo, e torna indietro passando per il traferro.

La presa d'aria è al disotto del fondo della incastellatura della dinamo, e gli scarichi al disopra.

Il collettore è formato da 30 lamelle, tenute aderenti da cinque anelli di acciaio isolati, che dividono perciò la superficie del collettore in quattro zone. Le file di spazzole sono 4, ognuna di 12 elementi.

Gli assi portaspazzole sono a 90° uno dall'altro e possono tutti insieme avere uno spostamento angolare (calaggio) mediante un volantino.

Alcune spazzole di carbone servono a lubrificare il collettore quindi ad evitare lo scintillio. Per ogni gruppo di spazzole: ne sono state sistemate 4 di carbone, in totale dunque le spazzole di carbone sono 16. Quelle di ogni fila sono disposte a scalare rispetto alle file contigue, in modo da lubrificare tutto il collettore.

Ciascuna spazzola di carbone lavora in unione con un'altra di rame. Queste ultime però non sono tagliate come le altre, ma in modo tale che la somma della superficie di contatto rame-carbone sia uguale alla superficie di contatto delle altre spazzole di rame.

Apposite sagome servono per foggiare esattamente le spazzole.

La dinamo eccitatrice è calettata posteriormente sull'estremo dell'asse, mediante un'unione a perni. E' bipolare, con espansioni polari di circa 120°, con eccitazione in derivazione. L'indotto porta 20 scanalature; tre spire per scanalatura, quindi tre strati e 30 piastrine al collettore.

Le spazzole sono due, a carbone ramato, di posizione invariabile, dato che il carico non è bruscamente e frequentemente variabile.

§ 101 — **Prove ordinarie delle dinamo**

Si fanno ogni qualvolta la dinamo ha subito importanti riparazioni od è stata molto tempo ferma; si eseguono anche quando la dinamo è stata soggetta a manutenzione radicale. Esse consistono nelle seguenti prove principali:

1. — *Prove di continuità degli avvolgimenti.* Ciò si fa con una pila ed un voltmetro campione (Weston), sezionando i vari circuiti più che sia possibile.

2. — *Prove di isolamento.* Si fanno prima a freddo, poi in moto senza carico e quindi a caldo, subito dopo che le macchine sono state messe sotto carico.

Nel primo caso si approfitta della tensione di un'altra dinamo in moto, ponendo un polo alla terra (carcassa della macchina da verificare) e toccando con l'altro (voltmetro in serie) i vari circuiti della dinamo (indotto, induttori, eccitatrici, ecc.).

Nel secondo e terzo caso si può fare uso della tensione sviluppata dalla stessa turbodinamo.

Il voltmetro non deve indicare passaggio di corrente. Se il voltmetro segna, si localizza la dispersione procedendo per successive esclusioni di circuiti.

Nel caso della prova di isolamento dell'avvolgimento dell'indotto si intende che la corrente dovrà essere inviata in questo, tramite una resistenza R opportuna (Fig. 264). La corrente sarà di un centinaio di ampère, quindi il reostato

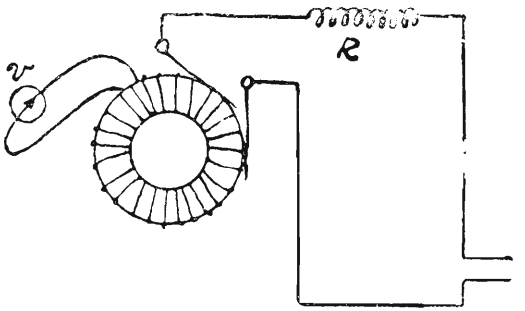


Fig. 264.

R dovrà essere di resistenza e sezione conveniente. Con il Weston si misurano successivamente le d.d.p. fra le varie piastrine consecutive; fra le piastrine eventualmente in corto circuito (dovuto al collettore od a difetto di isolamento nelle spirali relative) il voltmetro segna nulla o poco.

3. — *Prove di isolamento complessivo* (dinamo alimentante i vari circuiti). Si esegue la misura della resistenza di isolamento dell'impianto, come è stato insegnato al paragrafo 56.

§ 102 — Avarie principali delle dinamo

Possono essere di varia natura; solo con la lunga pratica del materiale si può in ogni caso trovare il guasto con sufficiente sollecitudine. Tuttavia riportiamo alcune delle principali possibili avarie che nel funzionamento ordinario si verificano. Il modo di localizzarle per alcune è ovvio per altre è indicato.

1) *La dinamo ha tensione scarsa e non produce corrente.* — Può dipendere da varie cause:

a) Connessioni male eseguite o contatti nei circuiti;

b) Indebolimento (o mancanza) di magnetismo residuo.

Si verifica dopo lunghe fermate e lo si constata avvicinando un pezzo di ferro alle masse polari. Per ovviarvi si isolano gli estremi dell'avvolgimento induttore e vi si manda altra corrente, prendendola da linea alimentata da altra dinamo, o da una conveniente batteria di accumulatori. E' necessario fare attenzione alla giusta polarità nel fare gli attacchi prima di lanciarvi corrente, per non invertire il campo induttore;

c) Inversione di polarità. In tale caso la tensione è generalmente invertita, ed il voltmetro segna in senso opposto. Talvolta, però può essere invertita la polarità di qualche induttore soltanto, e allora la dinamo non dà corrente. Nel primo caso si rettifica il campo come alla lettera *b*); nel secondo si rettificano gli attacchi dell'induttore invertito. L'inversione in parola si constata con l'ago di un galvanometro;

d) Difetto di isolamento o corto circuito interno. Si constatano facendo le prove di isolamento, di cui si è già parlato, e si procede per esclusione (indotto, induttori, ecc.). Se alcune spire degli induttori sono in corto circuito (isolate però dalla massa) lo si verifica misurando la resistenza totale e di ciascun rocchetto induttore. Se l'inconveniente è localizzato nell'indotto, si esegue una visita esterna e una pulizia accurata a tutto l'indotto e in particolare al collettore. Qualora non si riscontri nulla di anormale, bisogna procedere alla verifica delle spire d'indotto. Ciò si può fare lasciando soltanto un paio di spazzole di due assi portaspazzole consecutivi, e mandando a mezzo di quelle una forte corrente nell'indotto, ben isolato dal resto dei circuiti, attraverso, s'intende, una resistenza R opportuna.

La corrente dovrà essere di un centimetro di ampère, quindi R dovrà essere di resistenza e sezione conveniente.

Con un voltmetro, provvisto di due conduttori con buoni contatti, si misurano successivamente le d.d.p. fra le varie piastrine consecutive, segnando quelle misurate, e girando ogni tanto l'indotto, per maggiore comodità. Fra le piastrine in corto circuito (dovuto al collettore e a difetto di isolamento nelle spirali relative) il voltmetro non segna che nulla o poco. Se l'inconveniente non è visibile, non c'è che da cambiare l'indotto e far procedere alla sua riparazione dalle Ditte specializzate in materia;

e) Interruzioni di circuito. E' facile il localizzarle. Se sono nell'indotto si trovano facilmente perchè al passaggio delle piastrine relative la dinamo scintilla (e le piastrine si anneriscono) anche con debole corrente.

II) *Forte scintillìo alle spazzole.* — Può dipendere da moltissime cause. Se non c'è sovraccarico e sovratensione, se non c'è difetto di pulizia delle spazzole o del collettore, se non è qualche spazzola più o meno sporgente o troppo consumata, si verificherà il giusto calaggio, si proverà a spostare tutto il piano di commutazione ecc. Non riuscendo ad ovviare all'inconveniente, non c'è che fermare e procedere a verifiche più accurate. Lo scintillìo potrà dipendere da:

a) Cattivo stato del collettore (asperità, solchi, eccentricità, isolante troppo alto, cattivo isolamento degli anelli ecc.);

b) Cattivo stato delle spazzole e portaspazzole (pressione, consumo, sfrangiatura, cattivo contatto nei portaspazzole, sporcizia, ecc.);

c) Interruzione del circuito indotto (vedi alla lettera *a*) del N. 1);

d) Corto circuito nell'indotto o sul collettore (v. alla lettera *d*) del N. 2);

e) Cattivo isolamento negli induttori. Essendoci poca uniformità di campo, una fila di spazzole scintilla e si verifica in tal caso anche l'indebolimento del voltaggio.

III) *Riscaldamento anormale.* — Le cause possono essere elettriche e meccaniche. Spesso si hanno anche odori particolari, di olio o isolante bruciato. Per localizzare il riscaldamento, se non lo si può a dinamo in moto a caldo, la si ferma, si lascia raffreddare, e si rimette in moto.

L'organo che riscalda prima è quello avariato.

Le principali cause elettriche sono:

1°) Corrente troppo forte nell'indotto. Si hanno scintille forti;

2°) Corti circuiti nelle sezioni. Si anneriscono le piastrine corrispondenti;

3°) Correnti parassite nell'armatura. Si riscalda molto l'indotto. Possono dipendere da ruggine o dal cattivo stato dell'isolante fra i dischi di lamierino che formano l'armatura dell'indotto;

4°) Corrente troppo forte negli induttori. Essi o alcuni di essi si riscaldano troppo.

Le principali cause di avarie meccaniche sono:

1°) Tubolature di circolazione ostruite o presenza di corpuscoli estranei nei cuscinetti; che provocano il riscaldamento dei cuscinetti stessi;

2°) Asse non centrato. Bisogna procedere alla rettifica della linea d'asse con consigliabile cambio dei cuscinetti. Dalla slivellazione dell'asse, o dal troppo consumo del metallo bianco dei cuscinetti, dipendono anche spesso le vibrazioni al cosidetto *galoppo*.

Questo ultimo inconveniente qualche volta dipende invece dal basamento slivellato, perchè il ponte ha un po' ceduto. In tal caso non c'è che da cercare di puntellare al disotto il ponte stesso e farlo comunque rinforzare.

Nelle navi non moderne, la distribuzione della energia elettrica agli utenti, veniva effettuata per mezzo di circuiti separati, uno per alimentare i motori (circuito forza) e l'altro per la luce (circuito luce).

Ambedue questi circuiti avevano la forma di anello, intorno alla parte centrale protetta della nave e prendevano rispettivamente il nome di *anello forza* ed *anello luce*.

Questi circuiti portavano dei separatori per permettere la esclusione del tratto di circuito danneggiato, e delle traverse, o linee morte, riunenti fra loro punti opposti di anello, e quasi allo stesso potenziale, per garantire la alimentazione del circuito, anche quando fosse stato interrotto in qualche punto.

Se infatti supponiamo che un colpo nemico causi solamente la interruzione C dei conduttori principali (fig. 265), si vede che la traversa permette

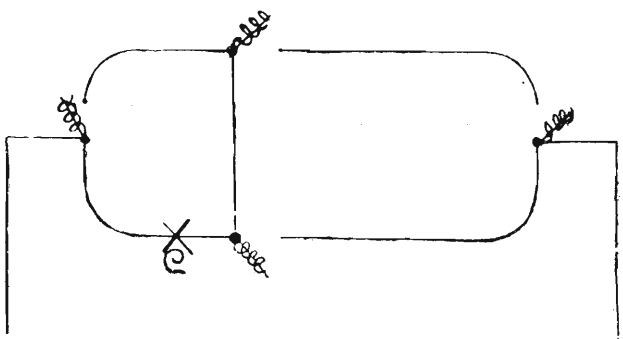


Fig. 265.

la completa alimentazione dell'anello, nonostante la interruzione dell'anello stesso.

E' però molto improbabile che l'arrivo di un colpo nemico a bordo, causi semplicemente una interruzione; nella grande maggioranza dei casi si

produrrà una avaria maggiore, cioè un corto circuito delle linee principali, con conseguente scatto dei massimi in dinamo, ed impossibilità di alimentare nuovamente i circuiti finchè il tratto danneggiato non venga escluso.

Poichè la nave rimane in ogni sua parte senza energia elettrica dall'istante nel quale ha ricevuto il colpo, il personale elettricista, attraverso i locali non illuminati, dovrà recarsi sul posto colpito, individuare l'avaria, manovrare i separatori ed infine, comunicare alla centrale che può nuovamente eseguire ai quadri la manovra di inserzione dei circuiti.

Se si considera poi che non un colpo, ma più colpi, possono giungere contemporaneamente in punti diversi, obbligando il personale elettricista al passaggio per vari locali all'oscuro e con tutte le apposite porte stagne ermeticamente chiuse, si vede facilmente come risulterà assai lungo il periodo nel quale la nave rimane privata di energia elettrica, e quindi in notevoli condizioni di inferiorità.

A conclusioni ancora più sfavorevoli per detto sistema di distribuzione, si giunge, considerando l'eventualità dello sbandamento della nave causato da allagamento di locali.

Per le suddette ragioni, l'alimentazione delle energia elettrica sulle navi tipo « Ancona » e su tutte le unità più recenti di costruzione è diversamente eseguita partendo dal concetto che non venga mai a mancare durante il combattimento, sia la illuminazione come il funzionamento dei motori più importanti, e dal giusto principio che tutto il personale rimanga fermo nel locale assegnatogli, senza rimuovere le porte stagne dalla loro posizione di ermetica chiusura che conferisce alla nave così alto fatto di sicurezza.

Abbiamo già visto precedentemente, come nelle navi tipo « Ancona » sia stato ridotto a due il numero delle generatrici principali, situate una sul lato dritto, ed una sul lato sinistro. Poichè come pure è stato detto, ciascuna generatrice principale è stata calcolata di una potenza sufficiente a fornire l'energia elettrica richiesta dalla unità in combattimento, cioè con tutti gli utenti in funzione, e non sarà mai nè necessario nè utile fare il parallelo delle due macchine, non esistono i collegamenti necessari fra i due quadri per farlo.

Il circuito di alimentazione è suddiviso in due circuiti, di dritta e sinistra.

Ogni turbodinamo, per mezzo del proprio quadro, alimenta indipendentemente dall'altro complesso, il circuito del proprio lato.

La illuminazione è effettuata in ogni locale con ambedue i circuiti di dritta e sinistra, ognuno dei quali alimenta un numero di lampade uguale alla metà del totale, ed alternate fra loro.

Con questo sistema, qualora uno dei due circuiti, od una delle generatrici venga colpita, ogni locale rimane illuminato da una metà delle lampade, ma sempre sufficientemente per permettere una buona visibilità per la guida dei macchinari e per la direzione del personale.

Ognuno dei due circuiti suddetti oltre a fornire energia per la illuminazione alimenta tutti i vari motori elettrici della nave.

Gli utenti, più importanti, e in genere quelli che si usano in combattimento, possono essere alimentati da ambedue i circuiti per mezzo di un apposito commutatore sistemato nella vicinanza degli utenti stessi, così che il cambio del circuito di alimentazione può essere effettuato senza alcuna perdita di tempo e senza alcuna necessità di transito per i vari locali dal destinato all'utente stesso.

Così ad esempio per lo sparo elettrico delle artiglierie, esiste in prossimità di ogni cannone un commutatore, che è manovrato dal puntatore del pezzo quando viene a mancare la energia elettrica al circuito che alimenta lo sparo, ed è necessario inserire l'altro circuito. Di simili commutatori sono pure forniti in caldaie i fanali di livello, per la speciale necessità di detti organi nella sorveglianza delle caldaie stesse.

Nei locali macchine e caldaie esiste inoltre un impianto luce alimentato da batterie di accumulatori a 12 V. che chiamasi « impianto di sicurezza ».

Sulle RR. NN. « Trento » e « Trieste », invece, in relazione alla disposizione delle due centrali elettriche, esistono i due circuiti di dritta e di sinistra, ma si hanno ugualmente i circuiti effettuati in modo che gli utenti più importanti abbiano doppia alimentazione, cioè possano ricevere l'energia elettrica dalla centrale poppiera e dalla centrale prodiera.

Gli utenti principali di poppa prendono la energia elettrica dal quadro della stazione di poppa mediante allacciamenti diretti, ed in più possono essere alimentati dalla centrale di prova per mezzo di una linea che da detta stazione giunge fino a poppa, ed ha un numero di derivazione uguale a quello degli utenti poppieri.

La alimentazione da una centrale o dall'altra, si ottiene mediante la manovra di appositi commutatori, ciascuno dei quali è posto in vicinanza del proprio utente e viene manovrato dal personale a quello destinato.

Gli utenti principali di prora prendono invece la energia elettrica dal quadro della stazione di prora mediante allacciamenti diretti, ed in più possono essere alimentati dalle centrali di poppa, per mezzo di una linea che da detta stazione, giunge fino a prora, ed ha un numero di derivazioni uguale al numero degli utenti prodieri.

Gli utenti che hanno la doppia alimentazione sono i seguenti:

Timone elettrico.
Turbina di grande esaurimento.
Torri.
Stazione R. T.
Centrali di tiro per i 203.
Centrali di tiro per i 100.
Tracciatore di rotta « Spallazzi ».
Centrale telefonica.
Circuiti luce macchine e caldaie.

I quadri delle due centrali elettriche, sono collegati fra loro per mezzo di appositi cavi di collegamento, che permettono l'invio della energia elettrica da un quadro all'altro.

Così, qualora in combattimento vengano ad essere colpite od a trovarsi in avaria le generatrici elettriche di una delle due stazioni, sarà ancora possibile la sua descritta doppia alimentazione degli utenti principali.

Le più importanti riparazioni sono le seguenti:

§ 103 — **Riparazioni delle dinamo**

1° - *Ritornitura del collettore.*

Per tornire il collettore si monta l'indotto su di un tornio e si esegue il lavoro facendo passate leggere e asportando quanto meno materiale è possibile; si finisce con la lima a taglio fino, limitando però la limatura a quel tanto che è necessario per rendere la superficie liscia. Si avrà cura di togliere la polvere metallica dalla superficie tornita.

Si può tornire il collettore di una grossa macchina senza togliere l'indotto dai suoi cuscinetti applicando cioè appositi supporti per bulini, sul basamento della dinamo e togliendo il giuoco longitudinale all'albero con una punta pressata nel centro di una estremità di essa.

2° - *Ricambio dell'avvolgimento dell'indotto.*

Questo lavoro deve essere eseguito soltanto dopo essersi formata la sicurezza che esso sia *realmente* necessario. Detto lavoro, trattandosi per solito di macchine di rilevante potenza richiede tempo, spesa ed operai specializzati.

3° - *Ricambio o riparazione del circuito induttore.*

Localizzato il guasto si svolge il filo dei rocchetti induttori e si ricambia, se è distrutto, l'isolamento, oppure si saldano le eventuali rotture seguendo le norme generali seguenti:

a) Avendo constatato un contatto con la terra, che rende necessaria la riparazione, occorrerà rifare accuratamente l'isolamento del primo strato sui cilindri e sui bordi del rocchetto usando nastro verniciato con gomma o sterling, cartoncini paraffinati, oppure strati di micanite.

b) Se occorre sostituire un tratto di filo si dovranno impiegare conduttori di rame della migliore qualità, ben isolati con doppio strato di cotone, e di sezione eguale a quella del pezzo scartato; in ogni caso non mai di sezione minore.

c) Le saldature debbono essere fatte in maniera da non presentare sporgenze, punte o rigonfiamenti, si debbono eseguire senza far uso di acido (servendosi ad esempio della miscela accennata nel Capitolo XIII), ed occorre isolarle completamente con diverse fasciature di nastrini sottili di seta verniciate con gomma lacca; queste fasciature debbono sopravanzare le estremità saldate ed andare a coprire per la lunghezza di 2 o 3 cm. anche le parti del conduttore rimaste protette dall'isolamento.

d) Se il filo è grosso si stirerà o raddrizzerà su di un piano, via via che si svolge, battendolo a leggeri colpi con una mazzuola; si manderanno a posto le spire, che vengono avvolte, mediante colpi leggeri dati con una mazza di legno.

e) Se la d.d.p. della dinamo è elevata si interporranno, fra strato e strato del filo avvolto, delle superfici isolanti di cartone, mica o micanite.

f) Si deve osservare, nel fare induttori nuovi, di mantenere il senso di avvolgimento di quelli smontati.

g) Compiuto il lavoro si verniciano le bobine con diverse mani di vernice sterling e si fanno asciugare in un ambiente a 100°.

h) Prima di mettere in opera i rocchetti si faranno delle prove per verificare il buono stato dell'isolamento e la continuità del conduttore.

i) Il numero delle spire risultante con i nuovi avvolgimenti non dovrà essere minore del numero esistente prima della riparazione.

§ 104 — Manutenzione delle dinamo

Una macchina elettrogeneratrice, se ben mantenuta, può e deve funzionare anche più settimane di seguito senza inconvenienti. Dopo di che occorre fermarla per procedere alla manutenzione. E' d'altra parte opportuno che la dinamo segua un turno per quanto possibile regolare di moto e di manutenzione in modo da mantenere presso a poco uguali le ore di funzionamento dei complessi simili.

Le manutenzioni radicali periodiche comprendono, nella loro pratica applicazione, sia la parte meccanica che la parte elettrica:

Per la prima occorre:

a) Smontare, pulire e rettificare i cuscinetti, *prendendo i piombi*, come si suol dire, ossia determinando il lasco dei cuscinetti rispetto all'asse, con spessori di piombo. Tale lasco è bene non vada oltre i 5/10 di mm. Perciò, quando il consumo è diventato maggiore, occorre cambiare i cuscinetti e rifondere in quelli sostituiti il metallo bianco (operazione da fare a terra). Nel rimettere a posto i cuscinetti nuovi, bisogna procedere a lievi rettifiche successive, lasciando almeno 1/10 di mm. di lasco iniziale, e verificando che i cuscinetti lavorino in modo regolare ed eguale su tutti i punti. Nei punti in cui il cuscinetto lavora il metallo bianco diventa più lucido, quando si gira a mano l'asse.

b) Smontare le tubulature dell'acqua e dell'olio per pulizia e verifiche. Verificare il serbatoio togliendo l'olio, che dovrà essere cambiato. Smontare il refrigerante per la pulizia interna.

c) Smontare il regolatore di velocità, verificandone e pulendone gli ingranaggi.

d) Verificare il cuscinetto reggispinta, osservando se è ben centrato.

e) Esaminare con il compasso di eccentricità se l'asse è ben centrato.

f) Smontare e pulire le due pompette dell'olio (meccanica ed a mano).

Per la parte elettrica si smontano e si lavano con petrolio le spazzole ed i portaspazzole, e si sagomano le prime. Si smeriglia il collettore, a dinamo in moto, con fogli di carta carborundum a grana decrescente, disposta su apposite spatole (a manubrio) di legno duro ungendo volta per volta con olio. Ciò fino a che il collettore non risulta ben levigato. L'isolante fra le lamelle deve essere leggermente raschiato con cautela, in modo che sia ad un livello

di pochissimo inferiore ai segmenti di rame del collettore. Eguale manutenzione è da praticare per l'eccitatrice.

Si apre poi la carcassa della dinamo principale e vi si soffia dentro con un soffietto; meglio ancora con aria compressa. Si soffia bene l'indotto anche negli interstizi per togliere il pulviscolo di rame o carbone. Si montano i portaspazzole con le spazzole, servendosi della guida di un indice inciso. La pressione delle spazzole sul collettore deve essere dalle 7 alle 8 libbre.

Durante il periodo annuale di lavori che la nave esegue nei RR. Arsenali, si sfila l'indotto per verifica e manutenzione più accurata di esso e degli induttori; si prende la sagoma delle palette delle ruote della turbina (se la macchina è turbogeneratore), specie quelle della prima fila della prima ruota che sono esposte al maggior consumo.

La saetta della freccia di consumo non deve superare i 2 mm. In caso contrario occorre richiedere in tempo o la ripalettatura sul posto od il cambio del rotore intero. La prima operazione è meno consigliabile perchè non è facile procedere al dovuto esatto centramento del rotore, centramento indispensabile, data la forte velocità (3000 giri) per la eliminazione assoluta delle vibrazioni.

§ 105 — I quadri

Reti e circuiti di distribuzione a corrente continua

I *quadri* servono da intermediarî fra le macchine e le linee che portano corrente ai vari utenti elettrici. Naturalmente ogni centrale elettrica ha il suo quadro. Ciascun quadro porta, su di una intelaiatura di ferro con lastre isolanti, *nella parte anteriore*: gli interruttori a massima delle macchine e dei singoli circuiti, i reostati da campo, i commutatori, gli strumenti di misura, ecc.; *nella parte posteriore*: le sbarre collettrici dell'energia elettrica, le connessioni, gli shunt degli amperometri, ecc. Dal quadro partono, dietro ad esso, le varie derivazioni principali.

Interessandoci principalmente delle reti di distribuzione a bordo, diremo che le derivazioni partenti dai quadri sono diverse a seconda delle navi. Poichè la sezione massima che si ritiene opportuno assegnare ai cavi è di 1200 mm.^{2}, è evidente che per correnti troppo forti o si ricorre all'espediente di mettere più di un cavo per ogni polarità, oppure fare partire direttamente dai quadri le linee di alimentazione per quegli utenti che richiedono una notevole intensità di corrente (argano a salpare, timone, frigorifero, tonnaggio).

§ 106 — Conduttori e canalizzazioni Apparecchi accessori degli impianti - Protezione delle linee Isolamento dell' impianto-prove sulle linee

Le condizioni degli impianti elettrici di bordo sono tutt'altro che favorevoli per mantenere un buon isolamento, mentre questo è condizione indispensabile per prevenire incendi, avarie ed inutilizzazioni anche gravi di apparecchi utenti.

Appunto per tale motivo oggi si usano i cosidetti *cavi armati* per le linee che corrono in locali esposti ad umidità e per quelle che debbono sopportare un carico elevato. Dei cavi in generale è stato ampiamente parlato nel paragrafo 10.

Negli alloggi si usa anche cordoncino semplice.

Per i depositi delle munizioni è prescritto che non debbano entrare condutture: le canalizzazioni, interruttori ecc., sono tutti esterni ed i fanali sono alimentati dall'esterno. I conduttori che, solo in casi straordinari, passano per i depositi debbono essere unipolari, con speciale rivestimento di amianto, e debbono correre ad una distanza non inferiore a 20 cm. uno dall'altro. I cavi sono tenuti a posto da graffette metalliche.

Gli apparecchi accessori degli impianti sono diversi e noi elencheremo e descriveremo i principali.

Interruttori. - Consistono sostanzialmente in due parti che si uniscono a contatto o si allontanano per chiudere o per aprire un circuito. In generale una di tali parti è fissa e l'altra è mobile ed il contatto deve avvenire rapidamente. E' importantissimo fare in modo che le scintille che si hanno all'apertura del circuito si interrompano subito, affinchè i contatti non si guastino. (Extracorrente v. pag. 138). Questo scopo si raggiunge in diverse maniere, ma ordinariamente allontanando con grande rapidità le due parti dell'interruttore che sono a contatto. Servono a questo scopo gli interruttori a scatto, nei quali lo sforzo si applica ad un manico isolante che tende una molla collegata al coltello dell'interruttore; quando la tensione vince la resistenza di attrito dell'interruttore, questo si apre rapidamente. Gli interruttori possono interrompere il circuito in un solo punto e si dicono *unipolari*, od in due punti ed allora si dicono *bipolari*. Essi sono contenuti in cassette stagne.

Separatori. - Servono per interrompere l'energia elettrica ad un tratto del circuito. Ciò innanzi a tutto, poichè non è mai da considerarsi vano il

ripetere che una Nave da guerra ha per scopo principale il combattimento, serve per rendere possibile alla Nave di escludere un tratto di circuito danneggiato dalle offese nemiche, permettendo il funzionamento della rimanente parte.

I separatori servono inoltre a facilitare le ricerche di interruzioni e dispersioni, ed anche ad ottenere temporanee riduzioni di carico, per la breve messa in moto di utenti non previsti, durante la permanenza in porto, se il generatore secondario (Diesel-dinamo) non può sopportare tale aumento di carico.

Commutatori. - Sono interruttori doppi i quali possono togliere corrente da un circuito e portarla ad un altro. I commutatori possono essere a due vie, a tre ed anche più vie. Quando i commutatori sono a scatto, non debbono essere mai manovrati sotto corrente; è quindi necessario fare la manovra ad interruttore aperto.

Cassette di derivazione. - Gli attacchi e le derivazioni sia per i cavi armati e sia per i cavi a piombo sono fatti in cassette di derivazione, a chiusura stagna, di bronzo o di lamierino di ferro.

I cavi vengono introdotti nelle cassette di derivazione con il loro rivestimento completo attraverso speciali manicotti stagni e pressatrecce. Nell'interno delle cassette i cavi sono denudati per un certo tratto onde poter eseguire l'attacco. In modo analogo vengono inserite sulle linee le cassette delle valvole, degli interruttori e dei commutatori.

Se i conduttori che alimentano una derivazione sono percorsi da una intensità di corrente più elevata di quella normale, e ciò si prolunga per un certo tempo, avviene facilmente che, per eccessivo riscaldamento, il rivestimento isolante si danneggi. Ad evitare questo grave inconveniente si inseriscono, all'inizio delle derivazioni, le *valvole di sicurezza fusibili*, le quali sono costituite da conduttori di sezione e di materiale tale da fondere non appena la corrente oltrepassa un certo limite, oltre il quale diventerebbe pericolosa per il conduttore.

Così pure si mettono le valvole prima dei motori, in modo che essi non possano venire attraversati da una corrente eccessiva, come potrebbe accadere, ad esempio, nel caso venisse esclusa troppo rapidamente la resistenza di avviamento.

Il metallo delle valvole va scelto di qualità tale da fondere prontamente, senza proiezione di particelle incandescenti. Si usano normalmente: per moderate intensità, il piombo e leghe di piombo e stagno; per intensità più forti, leghe di argento. Queste ultime presentano il vantaggio di non dar luogo ad

alcuna proiezione di metallo incandescente e per di più permettono l'uso di sezioni più piccole.

Le valvole possono essere filiformi e lamelliformi. Negli impianti di bordo si mettono sempre valvole su entrambi i poli. Quando vi è un interruttore questo deve essere sistemato in modo tale che le valvole possano essere ricambiate, dopo aver tolto la corrente con l'apertura dell'interruttore. Anche le valvole sono contenute in cassette stagne.

Per le grandi intensità di corrente (superiore a 200 ampères) è da preferirsi l'uso degli *interruttori automatici a massimo*. Così per proteggere le dinamo nelle stazioni generatrici si usano sempre tali interruttori.

Gli interruttori automatici permettono una regolazione precisa per la corrente con la quale si vuole che funzionino, regolazione che si può eseguire anche mentre l'impianto è sotto tensione; dànno l'immediata apertura del circuito e permettono di richiuderlo subito. Sono basati sull'effetto magnetico della corrente elettrica.

Un tipo semplice di interruttore automatico monopolare è rappresentato dalla figura 266. Quando si chiude l'interruttore I, i due blocchi *b b* vengono

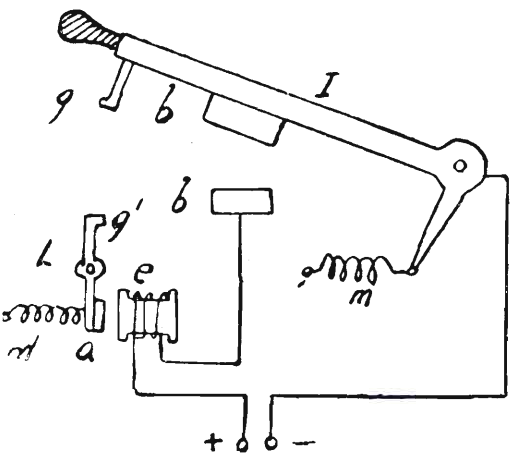


Fig. 266.

a contatto fra loro e la molla *m* tenderebbe a staccarli se non fosse impedita dal gancio *g* dell'interruttore che si impegna nel corrispondente *g'* della leva L. La corrente entra dal morsetto +, percorre l'avvolgimento dell'elettromagnete *e*, passa ai blocchetti *b b* ed esce per il morsetto —. Se la corrente supera un certo valore l'azione attrattiva dell'elettromagnete *e* vince la tensione della molla *m'*, l'ancoretta *a* è attratta, la leva L ruota, il gancio

g resta libero e l'interruttore si apre per effetto della trazione della molla m. Regolando la tensione della molla m' si regola la intensità della corrente che determina lo scatto dell'interruttore.

I grossi interruttori automatici usati in marina sono monopolari ma interrompono il circuito in due punti (fig. 267). Il circuito è chiuso quando il pezzo A è in contatto con i blocchetti B. La corrente percorre allora la via

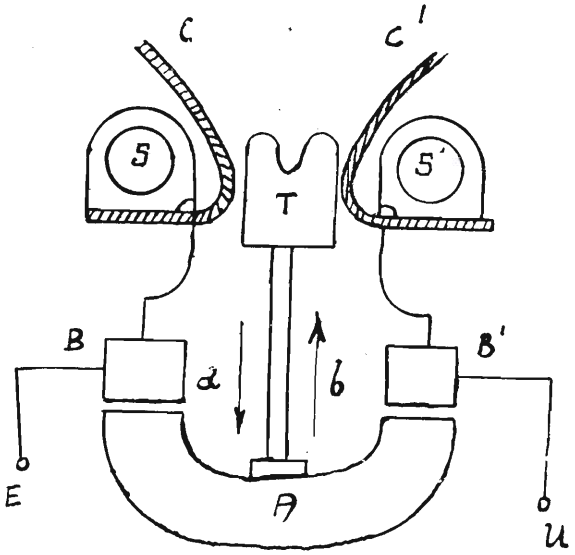


Fig. 267.

E B A B' U. Il pezzo A scende ed apre il circuito quando il circuito supera un certo valore massimo regolabile. Anche qui l'apertura è determinata dall'azione attrattiva di un solenoide percorso dalla corrente che si vuole interrompere. Ma per la buona conservazione dei contatti A e B si debbono evitare le fiammate fra essi. A questo scopo dal tacchetto B parte un conduttore che forma l'avvolgimento del solenoide S e va al pezzo C. Il pezzo C è in comunicazione con il pezzo C' mediante il coltello T. Un altro conduttore parte da C', forma l'avvolgimento del solenoide S' e va al blocchetto B'. T è unito ad A mediante un'asta di materia isolante di lunghezza tale che quando A si è già staccato da B B', per un certo tempo i due pezzi C e C' sono ancora connessi fra loro. Quando si apre A la corrente passa ancora per un breve istante per C T C' e quindi la fiammata di extracorrente si ha fra C C'. Qui si stabilisce un arco, ma la corrente di aria calda che si forma tende a spingerlo in alto e poichè man mano che esso sale, si allunga, ben presto si

rompe. A questo soffio di aria si aggiunge il *soffio magnetico* il quale è generato dalla corrente che percorre i due solenoidi S S′ e che tende a spostare l'arco, secondo la regola di Fleming, della *mano sinistra*. L'avvolgimento dei due solenoidi è fatto in senso tale che l'arco sia spostato in alto, in modo da aiutare l'azione della corrente d'aria e spezzarlo più rapidamente. In questo modo si evitano le fiammate alla apertura del circuito fra i contatti principali. Il coltello T è facilmente cambiabile.

Per evitare di avere aperture troppo frequenti degli interruttori automatici, causate da brevi sovracarichi che poi cessano, vennero ideati i cosidetti *ritardatori*. Questi sono costituiti da un pistoncino che si muove in un cilindretto ad olio che fa passare l'olio da una parte all'altra attraverso un piccolo foro. Regolando l'apertura del foro il pistoncino impiega un tempo maggiore o minore a compiere la sua corsa. Il pistoncino che si muove per effetto dell'elettromagnete è quello che determina l'apertura dell'interruttore; se la durata del sovracarico è breve, esso non può compiere l'intiera corsa e quindi l'interruttore non scatta. Anzichè un congegno ad olio in altri interruttori si ha un soffietto di aria.

La relazione:

$$i = \sqrt{d^3}$$

permette di determinare il valore della corrente che fa fondere il filo di diametro *d*. Per i fili cilindrici di piombo puro a = 8,5. Si può considerare come regola approssimata la densità di corrente compresa fra 6 ed 8 ampères per mm^2 di sezione per filo o lastrina di piombo di spessore non superiore a 2 mm.

CAPITOLO XXI

§ 107 — Nozioni di radiotelegrafia
Introduzione - Onde elettromagnetiche e vari modi di generarle - Circuiti oscillanti

Da qualche anno la radiotelegrafia ha fatto dei considerevoli progressi. Importanti perfezionamenti degli antichi metodi, l'impiego di nuovi procedimenti tanto nella trasmissione quanto nella ricezione, la invenzione di amplificatori dei suoni ricevuti, hanno permesso di raggiungere le più grandi distanze di trasmissione. La radiotelegrafia non è più un modo di comunicare eccezionale od incerto; essa rimpiazza utilmente i cavi sottomarini, assicura le comunicazioni in tutti i numerosi casi nei quali una linea non può essere stabilita; permette di corrispondere con navi in mare, dirigibili, aeroplani e lo scambio di telegrammi fra di essi; ha reso possibile la trasmissione dell'ora, così utile al navigante, e di tutte le informazioni meteorologiche.

Per comprendere bene quanto verremo dicendo, è necessario che lo studioso sia al corrente dei fenomeni elettrici fino ad ora esposti ed in special modo di quanto riguarda i fenomeni capacitivi e induttivi, le correnti alternate ed i trasformatori.

Nel paragr. 19 e seguenti abbiamo visto come, avvicinando alle due armature di un condensatore carico gli estremi di un arco metallico detto scaricatore, si possono ottenere nutrite scintille di scarica accompagnate da un caratteristico scoppiettio. Parlando inoltre dell'elettricità atmosferica (§ 15) abbiamo mostrato il fenomeno della scarica elettrica il quale si produce quando la pressione fra le cariche di segno contrario sopra due corpi elettrizzati, uno alla presenza dell'altro (condensatore), raggiunge un certo valore critico limite; allora le cariche stesse si combinano repentinamente dando luogo a ciò che si chiama scarica elettrica, precisamente come se avessimo avvicinato ai due corpi elettrizzati uno scaricatore. Adesso noi dimostreremo come queste scariche prodotte in un condensatore permettano di ottenere delle correnti alternate che servono nella radiotelegrafia per trasmettere i segnali; la fre-

quenza di queste correnti è molto grande e compresa fra 3.000.000 e 10.000 periodi al secondo.

Per rappresentare ciò che avviene quando un condensatore si scarica producendo la nota scintilla, paragoniamo le due armature del condensatore carico a due serbatoi A e B (fig. 268), nei quali vi sia dell'acqua a differente livello. I due serbatoi comunicano fra loro attraverso un tubo intercettato da

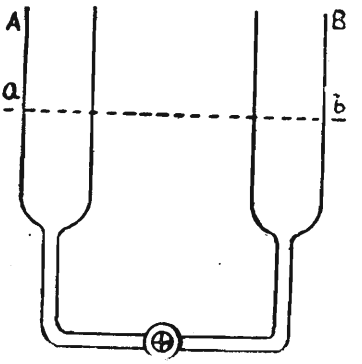


Fig. 268.

un rubinetto. Apriamo questo rubinetto; l'acqua scorre da A verso B ed il liquido tende a riprendere lo stesso livello nei recipienti. Ma, nell'istante nel quale i livelli si equivalgono secondo la linea *a b* l'acqua è animata da grande velocità e, a causa della sua inerzia, non si arresta bruscamente. Il movimento continua e l'acqua sale nel serbatoio B più in alto che in quello A. Quando, spentasi l'inerzia del liquido, il movimento cessa, la differenza di livello si è invertita; l'acqua allora scorre da B verso A, sorpassa ancora il livello di equilibrio ed i medesimi fenomeni si riproducono. I livelli dell'acqua, nei due serbatoi oscillano periodicamente ed il tubo è percorso da una corrente idraulica alternativa. Le oscillazioni si smorzano poco a poco per causa dell'attrito del liquido entro il tubo. Se il tubo di comunicazione è di diametro molto piccolo, questo attrito è grande e l'eguaglianza dei livelli si ristabilisce lentamente senza oscillazioni. Affinchè dunque si producano le oscillazioni è necessario che il tubo sia di grande diametro, in modo da non presentare eccessiva resistenza al passaggio del liquido. Bisogna, inoltre, che il rubinetto sia completamente aperto in un tempo assai breve; se infatti lo si fa ruotare lentamente, l'acqua scorre all'inizio passando per una stretta apertura, non acquista una grande velocità e l'uguaglianza dei livelli si ristabilisce senza oscillazioni.

Una disposizione elettrica analoga è realizzata da un condensatore carico,

le cui armature A e B sono riunite ai poli E ed E' (fig. 269) di uno scaricatore che, nel nostro caso speciale, prende il nome di *spinterometro*.

Quando la scintilla scocca, le due armature sono messe bruscamente in comunicazione. Una corrente passa nel circuito dell'armatura a potenziale più alto verso quella a potenziale più basso.

Noi abbiamo detto (v. pag. 137 e seguenti) che la f.e.m. di autoinduzione produce degli effetti analoghi all'inerzia meccanica e impedisce alla corrente di cessare bruscamente; a causa della autoinduzione del circuito, la corrente non si arresta quando le due armature raggiungono lo stesso potenziale. La d.d.p. si inverte, quindi una nuova scarica si produce in senso inverso alla prima e delle oscillazioni elettriche si succedono un certo numero di volte. Esse si smorzano tanto più velocemente quanto più la resistenza elettrica del circuito è grande, ossia quanto più il filo conduttore è sottile.

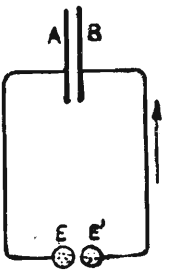


Fig. 269.

Quindi, durante la breve durata della scintilla, il circuito è percorso da una corrente alternata, da una corrente cioè, la quale, periodicamente cambia di senso, e la cui ampiezza diminuisce tanto più, quanto più grande è la resistenza elettrica del circuito. Ricorrendo alla rappresentazione grafica noi potremo trac-

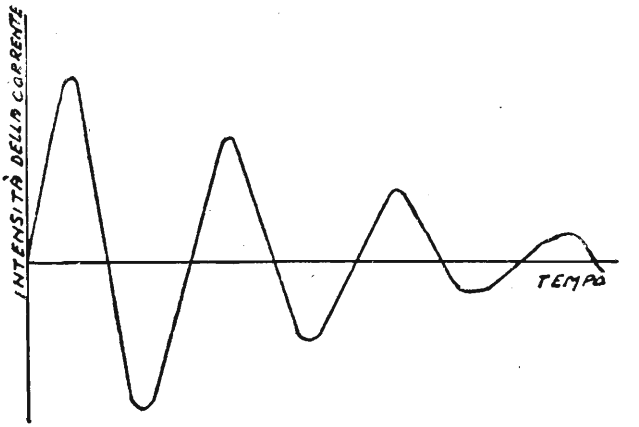


Fig. 270.

ciare sopra le solite due linee, verticale ed orizzontale rispettivamente il valore della intensità della corrente ed il tempo al momento in cui essa raggiunge detto valore (270). Si vede chiaramente come l'ampiezza della corrente alternata raggiunge nel tempo sempre valori più bassi.

Ammettiamo ora che le successive cariche al condensatore siano fornite per mezzo di un rocchetto Ruhmkoff (vedi § 78), il quale eleva ed interrompe con-

tinuamente la corrente fornita da una batteria di accumulatori (fig. 271). N N' è il nucleo di ferro sul quale sono avvolti il *primario* ed il *secondario*, H è il condensatore munito dello scaricatore E E', P è la batteria di accumulatori, V è la vite che regola la distanza del martello dal trasformatore, C è un piccolo condensatore che serve a ridurre ed assorbire la scintilla che si verifica allo

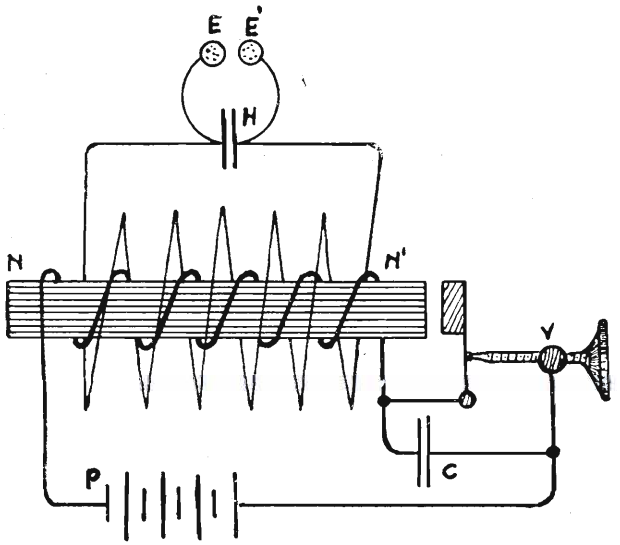


Fig. 271.

staccarsi del martello della vite V. Sul primario del trasformatore può essere inserito un tasto il quale serve per stabilire od interrompere la corrente degli accumulatori, chiudendo od aprendo il circuito.

La durata della oscillazione prodotta dalla scarica del condensatore è assai più breve del tempo che separa due interruzioni consecutive della corrente di carica. Quindi la corrente alternata nel circuito si compone di una serie di *treni di oscillazioni smorzate*, separate da un tempo di riposo relativamente molto lungo. Questa corrente è rappresentata dalla curva della figura 272.

Fig. 272.

Come per ottenere delle oscillazioni idrauliche occorreva aprire in un tempo brevissimo il rubinetto di comunicazione dei due serbatoi A e B, così, per ottenere delle oscillazioni elettriche è necessario che la scintilla divenga conduttrice in un tempo estremamente piccolo in relazione alla durata, già brevissima, del periodo.

Una scintilla bianca e rettilinea oscilla bene; una scintilla rosa, circondata da una guaina luminosa ed il cui rumore è poco intenso, non oscilla. Regolando la distanza delle estremità dello spinterometro, di cui le superfici siano ben pulite, si ottengono facilmente delle scintille oscillanti.

Le oscillazioni idrauliche sono tanto più frequenti quanto più piccola è la sezione dei serbatoi; analogamente la frequenza delle oscillazioni elettriche aumenta quando diminuisce la capacità del condensatore. La frequenza delle oscillazioni dipende anche dal valore della autoinduzione del circuito ed essa è tanto maggiore quanto è più debole l'autoinduzione del circuito. Si può dunque aumentare la frequenza delle oscillazioni diminuendo la lunghezza del filo costituente il circuito, oppure, se il filo è avvolto a spirale, allontanando quanto più possibile le spire dell'avvolgimento l'una dall'altra, il che equivale a diminuire la capacità del rocchetto.

Riassumendo diremo che un dato circuito, comprendente una *capacità* ed una *induttanza* (bobina), ha un periodo di oscillazione tanto più breve quanto più piccole sono la sua capacità ed induzione. La formula importantissima la quale ci fornisce la durata in secondi della oscillazione (periodo) e della quale tralasciamo la dimostrazione è la seguente

$$T = 2\,\pi\,\sqrt{LC}$$

dove π ha il solito valore di 3,1416, L e C sono rispettivamente i valori dell'autoinduzione e della capacità del circuito in Henry ed in Farad. Un tale circuito prende il nome di *circuito oscillante*.

Se si vuole avere un circuito oscillante di frequenza variabile, basta costituirlo con un condensatore di capacità variabile (fig. 273) e di una bobina della quale si possa variare l'induttanza variando il numero delle spire. Anzichè usare un circuito oscillante come quello in figura 273, ne possiamo prendere uno costituito come quello rappresentato in figura 274, ossia da un con-

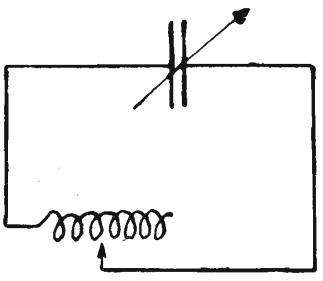


Fig. 273.

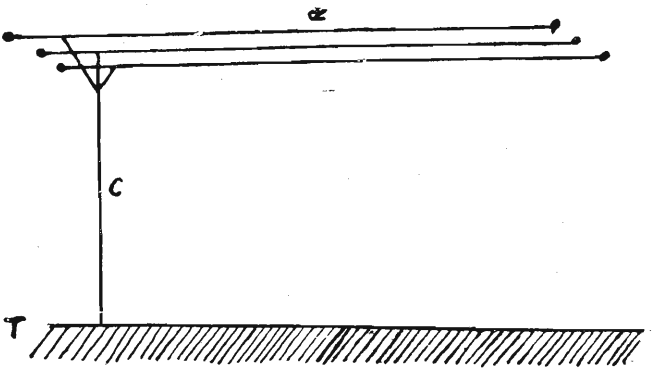


Fig. 274.

densatore le cui armature, che sono rispettivamente un fascio di fili paralleli *a* isolati e tesi orizzontalmente ad una certa altezza da terra e la superficie del suolo, sono messe in comunicazione fra loro con un conduttore.

Carichiamo il condensatore con un mezzo adatto. Alla scarica oscillante il nostro circuito produce delle *onde elettromagnetiche*, che si irradiano nello spazio, irradia cioè energia sotto forma di onde. Siamo così giunti al punto fondamentale dei fenomeni radioelettrici e vediamo ora di rendercene completamente ragione.

Riportiamoci ad un fenomeno ben conosciuto; in uno stagno, nel quale l'acqua si trovi allo stato di assoluto riposo, gettiamo un sassolino. Noi osserveremo il formarsi sulla superficie dell'acqua di un certo numero di *onde* le quali si propagano concentricamente fino a smorzarsi dove l'impulso dato all'acqua, dal corpo lanciatovi dentro, non è più sensibile. Se ad una certa distanza dal punto ove è caduto il sassolino, ma sempre entro la zona nella quale si può osservare la propagazione delle onde, noi facciamo galleggiare un pezzetto di sughero osserveremo che esso sarà sollecitato da un movimento ondulatorio.

In altre parole il brusco movimento impresso dal sassolino alle particelle di acqua si trasmette per mezzo delle onde attraverso il liquido e può essere percepito da un corpo posto ad una certa distanza, modificandone, ad esempio, lo stato di quiete. E' bene dire subito che nel fenomeno della propagazione delle onde, non si ha movimento di materia in seno al corpo entro il quale il movimento stesso avviene; osservando le onde prodotte nell'acqua dalla caduta del sassolino si ha l'errata impressione che l'acqua si sposti. Non è così perchè l'onda non rappresenta altro che uno spostamento di energia che si serve di un determinato mezzo per la propria propagazione. Consideriamo ad esempio su di un bigliardo un certo numero di biglie poste una a contatto dell'altra. Imprimiamo con una stecca un brusco colpo alla prima biglia; noi osserveremo che tutte le palle rimangono immobili all'infuori dell'ultima la quale è sollecitata subito dall'impulso dato alla prima e si allontana velocemente dalle altre.

Dunque *non si sono spostate le biglie* per il colpo ricevuto ma, attraverso di esse, l'energia si è trasmessa ed è stata ricevuta dall'ultima palla la quale ne ha subìto l'effetto.

Un'altra analogia della propagazione delle onde è forse quella delle onde sonore, giacchè mentre le onde di un liquido si propagano solo entro un breve limite della superficie, le onde sonore, come le onde elettromagnetiche (radioonde) si propagano sfericamente da un punto in tutte le direzioni.

Dando un colpo di batacchio ad una campana le onde sonore si diffondono

in tutto lo spazio circostante. Mentre le onde prodotte nel liquido sono *visibili*, le onde sonore come quelle elettromagnetiche sono *invisibili*. Non solo: mentre quelle sonore sono udibili, quelle elettromagnetiche non sono sensibili all'udito ma vengono rese tali mediante speciali artifici dei quali parleremo in seguito.

Ritornando al nostro circuito oscillante della figura 274, riuniamo un filo verticale, la cui estremità è isolata (fig. 275), ad una estremità dei poli di uno spinterometro E. Congiungiamo l'altro polo alla terra mediante un conduttore molto breve. Con un rocchetto di Ruhmkoff facciamo scoccare una scintilla fra i poli dello spinterometro. Una perturbazione elettrica nasce dalla scarica, si propaga lungo il filo e percuote il mezzo circostante generando in esso delle onde elettromagnetiche in virtù delle quali l'energia della scarica può irradiarsi nello spazio. Il filo P E si chiama *antenna*. Essa è spesso costituita non da un solo filo ma da un certo numero di fili sostenuti al disopra del suolo per mezzo di piloni. Un filo (fig. 276) attaccato sia all'estremità del fascio di conduttori oppure alla sua metà, la riunisce al suolo. Si può allora, come abbiamo già detto, considerare l'antenna come un condensatore del quale una delle armature è formata dal fascio di fili sostenuti al di sopra della terra e l'altro dalla terra stessa. Questo condensatore si scarica con una scintilla oscillante fra i poli dello spinterometro e l'insieme costituito dall'antenna e dalla terra si comporta come un circuito oscillante.

Fig. 275.

Le onde, propagandosi nello spazio possono raggiungere un identico circuito oscillante generando in esso delle oscillazioni elettriche le quali, a loro volta, possono essere rivelate ai nostri sensi per mezzo di speciali apparati ri-

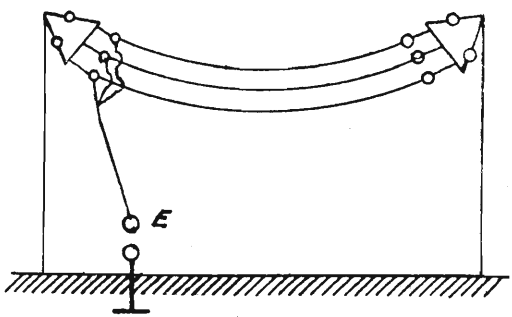


Fig. 276.

ceventi. Se noi sul circuito primario del rocchetto rappresentato nella figura 228 inseriamo un tasto potremo regolare a nostro piacere il fenomeno di carica del circuito oscillante e quindi il numero delle susseguenti scariche ed oscillazioni; in una parola potremo regolare gli impulsi che vengono impressi al mezzo circostante all'antenna. Le oscillazioni prodotte nel circuito oscillante possono essere molte od in numero limitato, a seconda del tempo nel quale noi teniamo chiuso, con il tasto, il circuito primario del rocchetto. Potremo allora far corrispondere un numero limitato di oscillazioni al cosidetto *punto* dell'alfabeto Morse per segnalazioni ed un numero elevato di oscillazioni alla *linea* del medesimo alfabeto. Si comprende come questi *treni di oscillazione* irradiati attraverso lo spazio, qualora raggiungessero una stazione ricevente, possono essere rivelati e riportare quindi al rivelatore il testo completo del segnale trasmesso.

Le radio-onde si possono dividere in due categorie principali:

Onde smorzate.

Onde persistenti.

Le onde smorzate vengono prodotte da oscillazioni generate in un circuito a scintilla, circuito del quale fino ad ora ci siamo occupati. Esse consistono in onde le quali, da una piccola ampiezza raggiungono rapidamente un massimo e quindi diminuiscono lentamente, cioè si smorzano, fino a zero.

Dette variazioni di ampiezza coincidono evidentemente con i fenomeni di smorzamento ai quali sono soggette le oscillazioni generatesi nel circuito. Ogni scintilla genera una oscillazione ed esse si susseguono con la frequenza delle scintille che può raggiungere il valore da 600 a 1000 scintille al secondo. Le onde smorzate servono per la sola trasmissione dei segnali telegrafici e sono oggi quasi passate in disuso, essendo passato ormai nella pratica corrente l'uso delle onde persistenti. Sulla generazione delle onde persistenti parleremo in seguito. In esse non vi ha smorzamento e conseguentemente non si hanno gruppi di onde ma onde di ampiezza costante. La figura 277 rappresenta l'andamento delle onde persistenti.

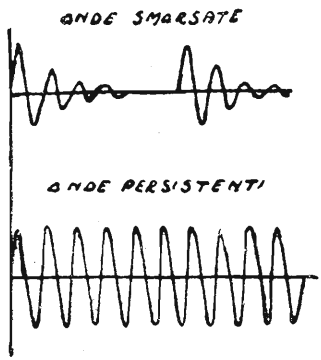


Fig. 277.

Le onde persistenti emesse dalle moderne stazioni trasmettenti hanno frequenze che vanno da un massimo di 1.000.000 a 10.000 periodi al secondo. La velocità delle onde, tanto smorzate che persistenti, è eguale a quella della luce e cioè di 300.000 km. al secondo.

Perchè un'onda risulti definita deve essere fissata la sua ampiezza e la sua lunghezza (fig. 278). L'ampiezza è la distanza dal punto più alto dell'onda dal livello medio ed è indicata dalla lettera greca α. La lunghezza dell'onda è la distanza fra due creste consecutive in elevazione e si indica generalmente con la lettera greca λ. Tale distanza è anche eguale alla distanza fra due creste consecutive in depressione. E' chiaro che moltiplicando il numero delle onde che passano in un secondo per un dato punto, per la loro lunghezza, si

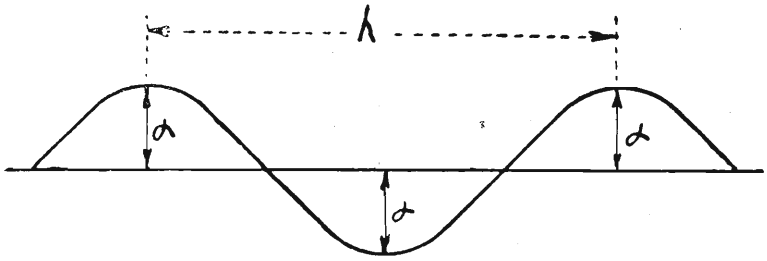


Fig. 278.

ha la loro velocità di propagazione. Il numero di onde complete che in un secondo passano per un dato punto si dice la *frequenza* dell'onda. Quindi fra velocità, frequenza e la lunghezza d'onde si ha la seguente relazione:

frequenza × lunghezza d'onda = velocità di propagazione

ossia:

$$f \lambda = V$$

La velocità con cui le onde si propagano in un determinato mezzo è fissa, cioè la stessa, sia nei punti vicini che in quelli lontani, sia che si tratti di onde di piccola che di grande ampiezza.

La lunghezza d'onda rimane costante durante la propagazione, a qualunque distanza dall'origine. Una parte dell'energia irradiata dall'antenna si perde nella propagazione e quindi l'ampiezza dell'onda si attenua con il crescere della distanza dall'antenna irradiante.

I conduttori situati alla superficie del suolo, gli alberi, le parti metalliche degli edifizi, assorbono energia; un'altra parte dell'energia è dissipata negli alti strati dell'atmosfera.

Dato che le radio-onde hanno tutte la stessa velocità di propagazione, dalla formula precedente si ha che

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

da cui si deduce che le onde saranno più lunghe o più corte a seconda che la loro frequenza sarà minore o maggiore.

§ 198 — **Risonanza**

Abbiamo detto che la frequenza delle oscillazioni prodotte dalla scarica di un condensatore è considerevole, in modo che le variazioni assai rapide della corrente producono delle grandi f.e.m. nei circuiti vicini.

Se (fig. 279), si pone accanto ad una bobina S, intercalata in un circuito oscillante, una seconda bobina S1, collegata ad un amperometro a corrente alternata G, si constata l'esistenza di una corrente indotta (Cap. IX, paragr. 37).

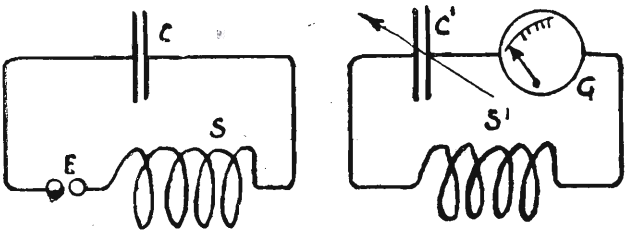


Fig. 279.

Fenomeni molto importanti per la radiotelegrafia si producono quando il circuito indotto è costituito, come il circuito induttore, da un condensatore e da una autoinduzione. Si osservano allora dei fenomeni di risonanza identici a quelli che presentano le oscillazioni meccaniche e le vibrazioni acustiche.

Immaginiamo un pendolo costituito da una sfera di piombo sospesa ad un filo. Diamo un leggero colpo al pendolo: esso si pone in oscillazione. Quando egli ritorna alla sua posizione primitiva, dopo di aver compiuto una doppia oscillazione, diamogli una nuova spinta: noi aumenteremo l'ampiezza della oscillazione. Se noi ricominciamo ad imprimergli ritmicamente degli impulsi, questa ampiezza diventa grandissima, anche se gli impulsi stessi sono molto deboli.

Se, al contrario, la frequenza degli impulsi è diversa da quella delle oscillazioni del pendolo, esse non possono acquistare mai una grande ampiezza. Se il secondo impulso, ad esempio, è in ritardo, il seguente è ancora più in ritardo, fino a che giungerà un momento nel quale l'impulso è diretto in senso contrario al movimento del pendolo, il quale comincia ad arrestarsi.

Si dice che un sistema capace di oscillare *risuona* ogni qualvolta, sotto l'influenza di una oscillazione dello stesso periodo della propria, esso prende un movimento di grande ampiezza.

Le vibrazioni acustiche provocano dei fenomeni di risonanza. Una corda

di violino risuona quando in sua vicinanza si produce un suono avente la medesima altezza che esso stesso potrebbe dare. Questo vuol dire che le vibrazioni dell'aria, anche se debolissime, finiscono, a causa del loro ripetersi ritmico, per mettere in movimento la corda del violino. Queste premesse sono sufficienti per concepire come, se si pone accanto ad un circuito oscillante CSE, posto in oscillazione da una scarica, un secondo circuito oscillante C'S'G', la corrente indotta acquista una intensità assai più grande quanto più i due circuiti hanno lo stesso periodo di oscillazione.

Per constatarlo serviamoci di un condensatore C' variabile; (fig. 279) modificando progressivamente la sua capacità noi vedremo l'ago dello strumento G indicare una corrente assai più intensa quando il valore di questa capacità è quello per il quale il periodo è eguale a quello del circuito induttore.

Si dice che la risonanza è *acuta* quando anche un piccolo cambiamento d'intensità del circuito indotto, dopo l'accordo, fa sparire quasi completamente la corrente. Dato che la risonanza è dovuta alla ripetizione periodica degli effetti di induzione, essa è tanto più acuta e tanto più intensa quanto meno smorzate sono le oscillazioni del circuito induttore. Questa è una ragione per la quale l'uso delle onde persistenti si è quasi completamente imposto a quello delle onde smorzate.

Da quanto si è esposto appare chiaro come la *condizione essenziale* affinchè un apparato ricevente possa ricevere i segnali trasmessi da un apparato trasmittente, è quella *che esso sia in risonanza con questo*, o, come si dice comunemente, che i due circuiti siano in *sintonia*.

§ 109 — **Generalità sugli apparati trasmittenti**

Il posto R. T. più semplice comprende, per la trasmissione dei segnali ad onde smorzate, un'antenna collegata ad uno dei poli di uno spinterometro E (fig. 280); una presa di terra collegata all'altro polo; una bobina di induzione B con vibratore V nel cui avvolgimento primario è inviata corrente dalla batteria di accumulatori P. Il tasto M apre o chiude a volontà il circuito. L'avvolgimento secondario della bobina è collegato allo spinterometro.

Chiudendo il tasto, il vibratore produce delle interruzioni successive della corrente primaria e la f.e.m. indotta nel secondario crea fra la terra e l'antenna una d.d.p. sufficiente perchè una scintilla scocchi nello spinterometro. Questa scarica pone in oscillazione l'antenna, le oscillazioni si smorzano e, dopo un tempo relativamente lungo se lo si paragona alla durata totale della scintilla, un'altra scintilla scocca provocando una nuova oscillazione dell'antenna.

Un amperometro a corrente alternata G, inserito sulla presa di terra, permette di misurare l'intensità della corrente oscillante e di dare la migliore regolazione alla distanza fra i poli dello spinterometro. Per trasmettere un radiotelegramma ci si serve, come è stato detto, dell'alfabeto Morse; con l'aiuto del tasto si fa corrispondere a questi segnali delle emissioni di serie di scintille lunghe o corte.

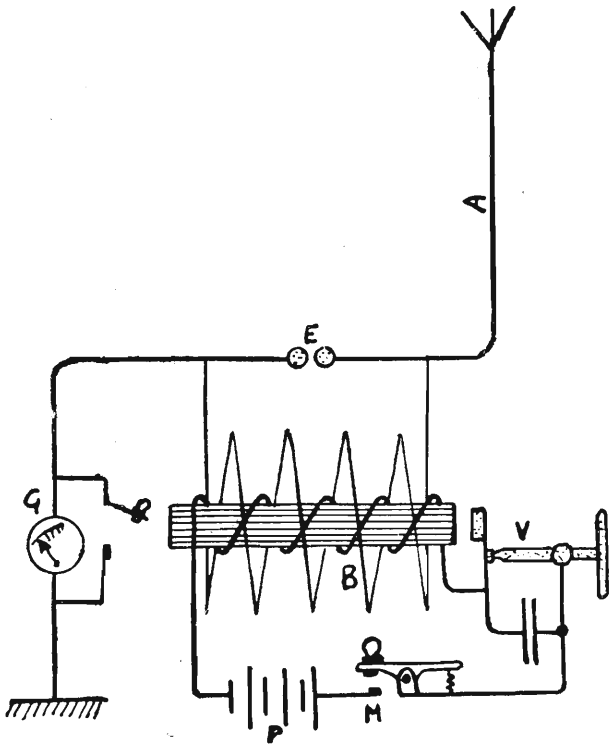


Fig. 280.

In luogo di una bobina di induzione si impiega sovente un alternatore A ed un trasformatore T (fig. 281). Il tasto è posto sul circuito primario del trasformatore. Siccome l'altezza del suono ricevuto all'apparecchio ricevente corrisponde al numero di scintille per secondo, ci si serve di un alternatore la cui frequenza sia dell'ordine delle frequenze dei suoni musicali, ossia di parecchie centinaia di periodi al secondo. Un circuito come quelli ora descritti, nei quali le correnti oscillanti sono prodotte, ad ogni scintilla, direttamente sull'antenna dalla scarica del condensatore costituito dalla parte superiore dell'antenna stessa e dalla terra, prende il nome di circuito con *eccitazione diretta dell'an-*

tenna. Questo metodo di eccitazione è ancora qualche volta applicato nelle stazioni di piccola potenza perchè è quello più semplice e che dà il miglior rendimento in portata, in relazione alla potenza consumata. Esso però non è esente da notevoli difetti: non permette la costruzione di stazioni molto potenti e produce oscillazioni molto smorzate. Infatti nel primo caso, essendo l'energia messa in giuoco in un circuito oscillante dipendente dalla capacità del con-

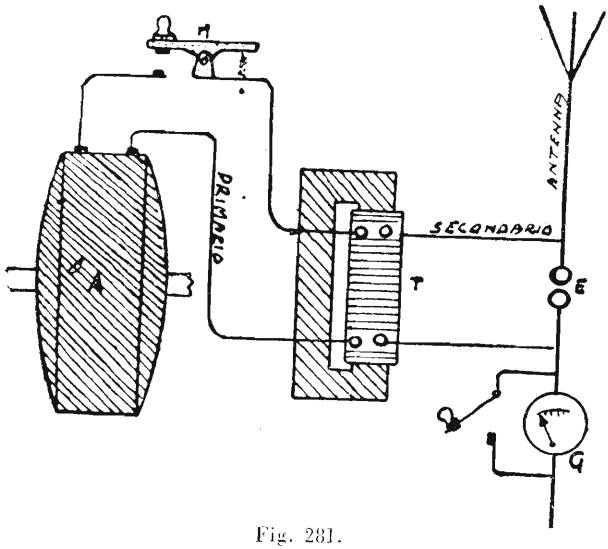


Fig. 281.

densatore e della d.d.p. che si produce nelle sue armature, noi vediamo che la capacità da caricare non si può aumentare senza fare un'antenna di enorme estensione e la tensione è limitata dalla necessità di isolarla convenientemente onde evitare dispersioni rilevanti specialmente con tempo umido. Nel secondo caso noi sappiamo bene come onde troppo smorzate non rendono possibile una buona sintonia.

Tali inconvenienti sono in gran parte evitati mediante l'*eccitazione indiretta dell'antenna*. Si abbia (fig. 282) un circuito oscillante chiuso che comprenda uno spinterometro S, un condensatore C, ed una bobina di induttanza L. Diamo alla induttanza ed alla capacità valori adatti per la frequenza delle oscillazioni che si vogliono ottenere. Utilizzando un condensatore di capacità molto più grande di quella dell'antenna e per conseguenza una induttanza molto più piccola, a parità di tensione di carica del condensatore la carica del condensatore stesso risulta maggiore di quella dell'antenna direttamente eccitata ed il circuito oscillante è suscettibile di prendere più energia di quanta

non ne prenderebbe l'antenna direttamente eccitata. Tale energia è fornita da un alternatore e relativo trasformatore e, se necessario, per avere una capacità sufficiente, si mettono diversi condensatori in parallelo.

La bobina di induttanza L si fa agire sulla bobina L' per induzione; nella bobina L' inserita sull'antenna si crea una f.e.m. che dà luogo ad una corrente oscillante sull'antenna stessa.

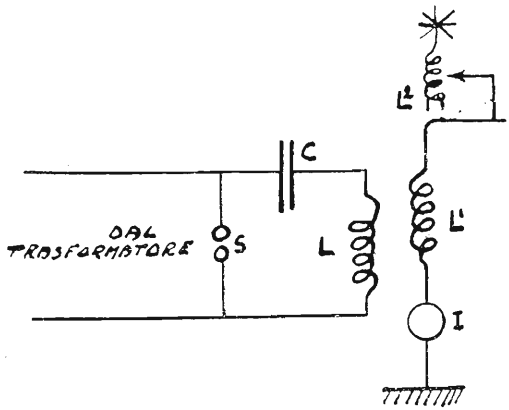


Fig. 282.

Per avere il maggiore trapasso di energia dal circuito oscillante chiuso CSL al circuito oscillante aperto L'L_1I, è necessario che i due circuiti siano in risonanza o *sintonizzati*: in tal caso si potrà avere nel circuito oscillante aperto una intensità di corrente maggiore che nel circuito oscillante chiuso. Sappiamo inoltre che i due circuiti sono sintonizzati quando, se *accoppiati* (come si dice comunemente nella pratica radiotelegrafica), essi possiedono eguale frequenza di oscillazione o *frequenza naturale;* quando perciò le loro caratteristiche elettriche (capacità ed induttanza) sono eguali. L'insieme delle due bobine di induttanza prende il nome di *Jigger* e si chiama *circuito primario* quello inducente a *circuito secondario* quello indotto.

Allo scopo di poter effettuare la sintonizzazione, ossia di porre il circuito secondario nelle medesime condizioni di quello primario, il circuito secondario ha inserita una bobina di induttanza L_1 variabile.

Per la generazione e trasmissione delle onde persistenti si possono usare le valvole termoioniche delle quali parleremo dettagliatamente in seguito. Quando però le potenze in giuoco sono elevate, il loro impiego è molto costoso; si preferisce allora, per l'emissione, uno degli altri due sistemi: *l'arco elettrico* o *l'alternatore ad alta frequenza.*

Il primo si basa sul seguente principio:

Un circuito (fig. 283) oscillante, derivato sugli elettrodi di un arco voltaico, alimentato con corrente continua, diventa sede di correnti oscillanti di ampiezza costante. La spiegazione teorica di questo fenomeno è laboriosa e se ne omette la dimostrazione. Si impedisce alle oscillazioni del circuito derivato di raggiungere la dinamo di alimentazione dell'arco mediante due induttanze L′ ed L″

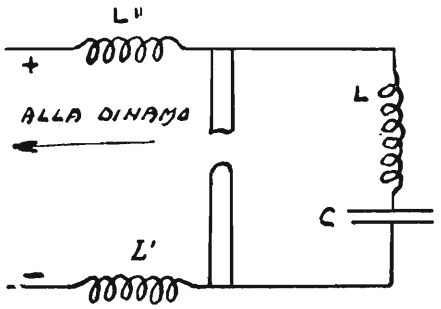


Fig. 283.

di valore elevato, le quali facilitano anche l'innescarsi delle oscillazioni. Le oscillazioni persistenti generate per effetto di un aereo producono nel mezzo circostante delle onde elettromagnetiche e quindi la trasmissione dei segnali.

Il secondo si basa sull'uso di alternatori ad alta frequenza. Negli impianti a corrente alternata di uso normale la frequenza è solo di un massimo di 60 periodi per secondo; gli alternatori di una stazione trasmittente giungono a generare corrente alternata a 30.000 periodi il che corrisponde ad una lunghezza d'onda di 10.000 metri. Per mantenere le oscillazioni di una antenna irradiante basta intercalare l'alternatore su questa antenna per mezzo di un trasformatore di tensione. Si regola la velocità dell'alternatore ad un valore tale per il quale la frequenza della corrente che egli produce sia eguale alla frequenza delle oscillazioni dell'antenne; allora questa risuona ed è percorsa da una corrente alternata di ampiezza costante.

§ 110 — **Generalità sugli apparecchi riceventi**

Nella stazione radiotelegrafica ricevente si deve, come prima condizione, avere una antenna simile a quella della stazione trasmettente. Quando le onde elettromagnetiche investono l'antenna ricevente inducono in essa una f.e.m. oscillante, di eguale frequenza delle onde e di ampiezza più o meno grande

secondo l'ampiezza delle onde, la quale produce in essa una corrente oscillante. Si ha quindi una specie di fenomeno di accoppiamento (naturalmente molto debole) fra l'antenna trasmettente e quella ricevente, le quali costituiscono, come si sa, due circuiti oscillanti aperti. Per ottenere oscillazioni indotte di ampiezza massima si deve sintonizzare l'antenna ricevente per la frequenza delle onde in arrivo. A questo scopo nell'antenna ricevente sono inseriti una induttanza ed una capacità variabile. Il compito delle onde elettromagnetiche è quello di trasportare a distanza il campo elettromagnetico che è generato dall'antenna trasmettente. Il meccanismo della comunicazione radiotelegrafica è quindi il seguente. Mediante una serie più o meno lunga di treni di corrente oscillante nell'antenna trasmettente (chiamata anche *aereo*). Questa dà luogo all'irradiamento di una serie altrettanto lunga o breve di treni di onde elettromagnetiche che si propaga fino all'antenna ricevente. Queste onde inducono all'antenna ricevente una serie di treni di corrente alternativa smorzata, come quella rappresentata dalla figura 282.

Naturalmente, operando a qualche distanza, la corrente che si può ottenere nell'antenna ricevente è molto piccola e quindi per rivelarla occorrono apparecchi molto sensibili.

Un apparecchio che si presta molto bene alla ricezione dei segnali è il telefono. La lamina di un telefono segue fedelmente le variazioni di una corrente la cui frequenza sia dell'ordine dei suoni musicali (all'incirca da 50 a 3000). Ma essa non può seguire, per la sua inerzia le oscillazioni della corrente dell'antenna, a causa della loro elevata frequenza, che può andare da un minimo di 10.000 ad un massimo di 50.000.000 di periodi al secondo; non solo, ma se anche questo fosse possibile sarebbe tuttavia inutile perchè tali frequenze sono superiori alle più acute che l'orecchio umano può percepire. La lamina del telefono non può nemmeno subire uno spostamento per ogni treno di onde perchè gli effetti delle alternanze della corrente in un senso sono compensati dagli effetti delle alternanze in senso contrario. Quindi un telefono inserito senz'altro su di un aereo non dà alcun suono.

Al telefono si deve aggiungere un altro apparecchio: un *rivelatore* il quale lascia passare più facilmente le correnti in un senso che nell'altro. Quando si induce nell'antenna una corrente come quella della figura 284 *a*) il rivelatore lascia passare soltanto una corrente della forma della b), in cui sono conservate unicamente le semi-onde positive. Questa corrente unidirezionale mandata nel telefono vi produce lo stesso effetto che vi produrrebbe una corrente della forma c), per modo che la lamina del telefono riceve *un unico impulso per ogni treno di onde*. In tal guisa il numero delle vibrazioni della lamina in un secondo risulta eguale al numero dei treni di onde che in un

secondo emette l'apparecchio trasmettente, ossia al numero delle scintille che si hanno in un minuto secondo alla stazione trasmettente.

Se le scintille della stazione trasmettente sono rare, si sente nel telefono una serie di rumori successivi distinti e si dice che la trasmissione è *rauca*. Se le scintille della stazione trasmettente si succedono ad intervalli di tempo molto corti, il telefono dà una nota musicale e la trasmissione si dice *musicale*.

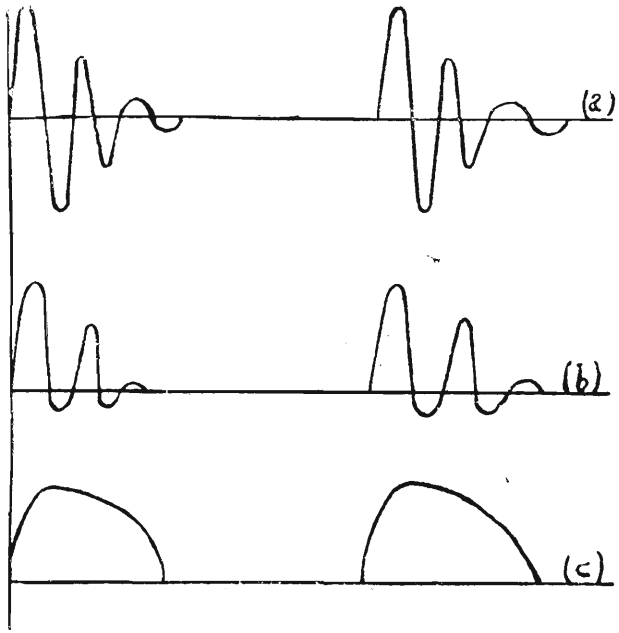


Fig. 284.

La serie lunga o corta di scintille dà suono lungo o corto e l'orecchio al ritmo di tali suoni può riconoscere le lettere dell'alfabeto Morse. I modelli di rivelatori sono numerosi. Il più semplice ed uno dei più impiegati è il *rivelatore a cristallo*.

Un pezzetto di *galena* (minerale di piombo) inserito in un circuito percorso da corrente alternata funziona come una valvola ad una sola via, permettendo cioè il passaggio della corrente specialmente in una sola direzione, presentando una resistenza grandissima alla corrente stessa quando essa ha direzione contraria. Questo effetto raddrizzatore del cristallo si manifesta nel punto di contatto con una superfice metallica dura, sulla quale si fa poggiare soltanto per una punta.

Vedremo più oltre, quando parleremo della produzione trasmissione di onde persistenti, i metodi usati per la ricezione di questo tipo di onda. La figura 285 rappresenta uno schema di una stazione ricevente. Sull'antenna è intercalata una bobina di autoinduzione variabile S ed un condensatore C di capacità pure variabile ambedue destinati ad accordare l'antenna sul periodo delle onde da ricevere. Si dispone il rivelatore R nell'antenna ed il telefono T in derivazione sul rivelatore.

Modificando la induttanza S ed il condensatore C fino a raggiungere la sintonia, il suono percepito al telefono avrà la massima intensità.

Questo metodo di ricezione prende il nome di *ricezione diretta;* esso è molto semplice ma è poco impiegato data la resistenza presentata dal rivelatore che, intercalato sull'antenna, diminuisce e smorza eccessivamente le sue oscillazioni, impedendo di giungere alla risonanza. Si può evitare questo inconveniente mettendo il rivelatore in derivazione sulla bobina di induttanza (fig. 286). Il condensatore H è posto, onde impedire il passaggio della

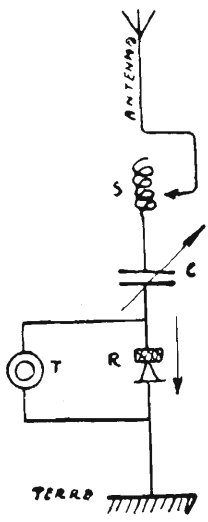


Fig. 285.

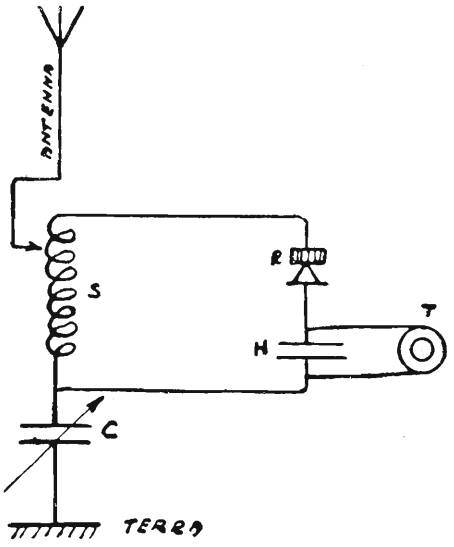


Fig. 286.

corrente ad alta frequenza, nel telefono; infatti la corrente ad alta frequenza troverà passaggio più facile attraverso il condensatore H, mentre quella rettificata (bassa frequenza) agirà sul telefono.

Un terzo metodo di ricezione è quello di fare agire l'antenna, per induzione, sopra un circuito oscillante comprendente una bobina di induzione S''

ed un condensatore C″ (fig. 287). Sono le oscillazioni di questo circuito che vengono inviate al rivelatore R ed al telefono T.

Si intercala ancora sull'antenna una bobina S′, o primario, ed un condensatore primario C′, i quali servono ad accordare l'antenna. Si accoppia per induzione la bobina S″ del circuito oscillante, o secondario, con S′. Si può utilizzare un numero variabile delle spire di questa bobina e modificare la capacità del condensatore C″ per accordare il secondario.

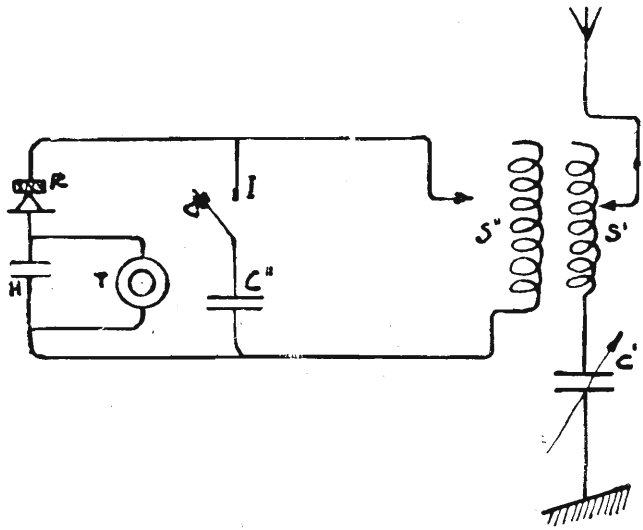


Fig. 287.

Per ricevere i segnali si apre innanzi tutto l'interruttore I; il circuito secondario viene così privato del condensatore e quindi può oscillare per qualsiasi frequenza che gli venga impressa; il circuito prende allora il nome di *aperiodico*. Lo si accoppia il più possibile alla bobina S″ e quindi si accorda l'antenna, per mezzo della bobina S′ e del condensatore C′, sulla trasmissione da ricevere. Si tenta di rendere massimo il suono percepito. Raggiunto questo massimo si inserisce il condensatore C″ chiudendo l'interruttore I; il circuito secondario diviene allora *periodico*, ossia può risuonare, ma non è accordato. I segnali sono allora appena percettibili. Si accorda allora il secondario manovrando opportunamente la bobina S″ ed il condensatore C″ e si intenderà quindi nuovamente e molto più chiara la trasmissione. Si può raggiungere così una sintonia molto acuta e questo torna di grande vantaggio anche perchè verranno in tal modo eliminati i disturbi che stazioni vicine,

di presso a poco eguale lunghezza d'onda trasmettente, possono apportare, influenzando il proprio apparecchio.

Oltre la molestia che può generare alla ricezione il numero assai grande di trasmissioni simultanee sopra lunghezze d'onda quasi dello stesso valore, una sensibilissima causa di disturbo è quella che proviene dai fenomeni elettrici atmosferici.

Le scariche elettriche atmosferiche producono nell'antenna correnti che fanno sentire al telefono suoni molto vari, in prevalenza dei colpi secchi, simili a scoppiettii e suoni bassi. Mentre una ottima sintonizzazione elimina le trasmissioni importune, non riesce ad eliminare completamente i disturbi atmosferici. Una brusca scarica atmosferica dà un impulso all'antenna la quale si mette in oscillazione con la sua propria frequenza.

Con tempo temporalesco è prudente connettere direttamente l'antenna alla terra.

§ 111 — **Cenno sulle valvole termoioniche Apparati a valvola**

Per comprendere il funzionamento della valvola termoionica è necessario ricordare quanto è stato detto, all'inizio del presente manuale (v. pag. 2), sulla teoria elettronica, e precisamente che, secondo le ultime ipotesi dei fisici, gli atomi, ossia le particelle infinitamente piccole costituenti la materia, sono a loro volta suddivisibili. Essi sarebbero costituiti da nuclei centrali che chiameremo positivi, attorno ai quali si muoverebbero, con velocità altissima elementi ancora più piccoli chiamati *elettroni* e che chiameremo negativi.

Sono questi ultimi che dànno luogo ai fenomeni elettrici. Un corpo è positivo quando mancano questi elettroni liberi e negativo quando ve ne sono in eccesso. Gli elettroni liberi passano liberamente sotto forma di corrente in un conduttore, ma essi non lasciano mai il corpo del conduttore per lanciarsi nello spazio, a meno che particolari forze agenti non li costringano a ciò. L'esperienza dimostra che se il conduttore viene collocato entro un bulbo di vetro in cui sia stato fatto il vuoto quasi assoluto e quindi riscaldato fino all'incandescenza, gli elettroni vengono proiettati dal conduttore nel vuoto.

Se il conduttore è rappresentato dal filamento di un lampadino (fig. 288), noi facciamo passare in esso una adeguata corrente che lo porti all'incandescenza. Disponiamo entro il globo stesso una *placca* metallica P e riuniamo tale placca con il polo positivo della batteria di pile A. Noteremo allora che l'amperometro G inserito sul circuito della placca indica passaggio di corrente,

mentre apparentemente il circuito stesso è aperto. Come fa la corrente della batteria A ad attraversare lo spazio filamento-placca?

Il fenomeno si spiega in tal modo: Gli elettroni liberati e lanciati nello spazio dal filamento portato all'incandescenza, sono attirati dalla placca che è carica positivamente perchè congiunta al polo positivo della batteria A, e si precipitano su di essa con velocità enorme che raggiunge qualche centinaio di Km. al minuto secondo. Gli elettroni quindi, abbandonando il filamento della lampada, portano la loro carica elettrica sulla placca, neutralizzando una parte della sua carica positiva, per cui, dovendo la batteria rifornire alla placca le cariche neutralizzate, si viene a determinare nel circuito una corrente che si chiude attraverso lo spazio compreso fra il filamento e la placca.

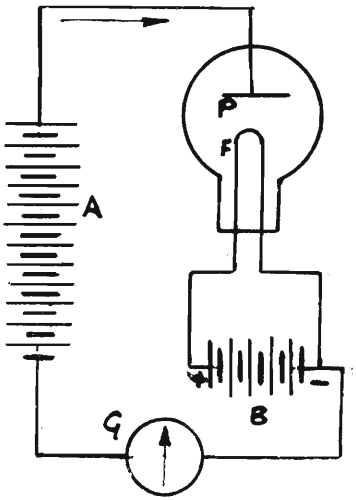


Fig. 288.

Aumentando il numero degli elementi della batteria A, la quale prende il nome di *batteria di placca*, il numero di elettroni che raggiunge la placca aumenta fino ad un certo limite e corrispondentemente aumenta il valore della corrente; ma poi oltre questo limite gli elettroni che escono dal filamento sono tutti attratti dalla placca e la intensità della corrente cessa di crescere: Si dice allora che è stata raggiunta la *corrente di saturazione*.

Invertendo la polarità della batteria A la placca si carica negativamente, respinge gli elettroni emessi dal filamento: la corrente allora cessa. La lampada costituisce quindi *una valvola* la quale lascia passare la corrente in un solo senso. Dei due elettrodi della lampada, uno e precisamente il filamento, chiamasi *catodo*, l'altro, la placca, chiamasi *anodo*. La corrente che passa nel circuito della placca per effetto della conducibilità dello spazio filamento placca, chiamasi *corrente anodica*, e la batteria A che la produce chiamasi anche *batteria anodica*.

Questo tipo di valvola termoionica, che prende il nome di *valvola a due elettrodi* può compiere la stessa funzione raddrizzante di un cristallo a galena; infatti se in A, invece della batteria, si pongono i capi di un circuito oscillante, nel circuito della valvola possono passare unicamente le semionde positive, le quali, sole, potranno caricare positivamente la placca; le semionde ne-

gative sono arrestate. La figura 289 rappresenta un effettivo circuito di valvola a due elettrodi e la relativa rappresentazione convenzionale.

Bisogna notare che la saturazione della corrente si può raggiungere anche aumentando il numero degli elementi della batteria A, ma la saturazione stessa dipende dalla temperatura del filamento; aumentando la temperatura del filamento noi potremo ottenere una corrente di saturazione maggiore.

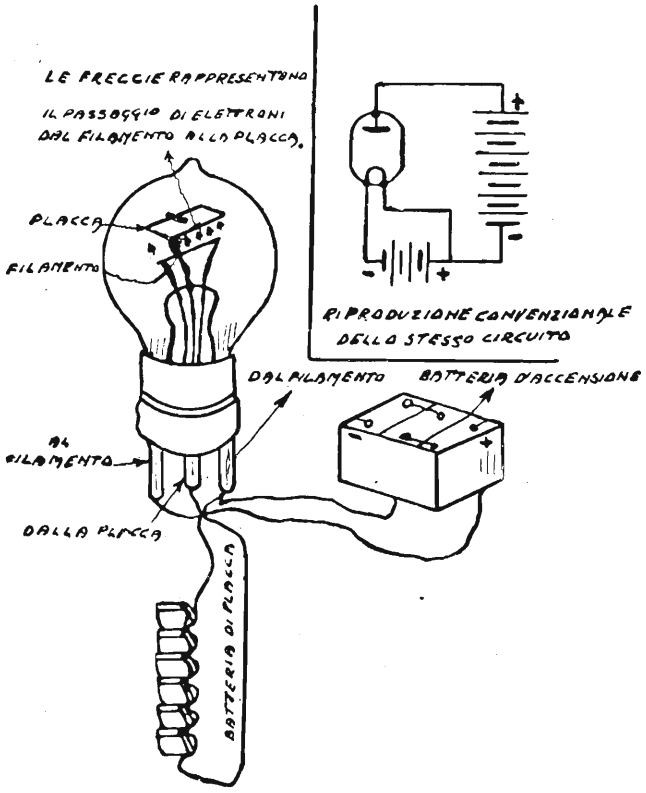


Fig. 289.

La valvola a due elettrodi descritta non ha nelle radiocomunicazioni una applicazione pratica, nonostante il suo potere raddrizzatore; essa è usata per la rettificazione delle correnti alternate. Ne abbiamo descritto il funzionamento perchè essa forma una tappa spiegativa prima di giungere a parlare della *valvola a tre elettrodi*.

Alla valvola a due elettrodi della figura 289, il fisico De Forest ha aggiunto un altro elettrodo al quale ha dato il nome di *griglia*.

Esso (fig. 290) è disposto fra l'anodo ed il filamento, formando, per la sua importanza, l'organo della valvola al quale si debbono i più recenti perfezionamenti della radiotelegrafia.

Se si inserisce una batteria di pile C fra griglie e filamento si può, modificando il numero degli elementi di tale batteria od invertendone la polarità, cambiare la grandezza ed il senso della d.d.p. fra la griglia ed il filamento. Si sono così stabiliti tre circuiti: *il circuito di accensione del filamento* il quale comprende la batteria di accumulatori B; *il circuito anodico* costituito dalla batteria A e dallo spazio fra l'anodo ed il filamento; *il circuito di griglia* che comprende la batteria C e lo spazio fra la griglia ed il filamento. Questi tre circuiti hanno un punto in comune: il polo negativo o della batteria B.

La figura 291 rappresenta una valvola a tre elettrodi di quelle di forma più comune.

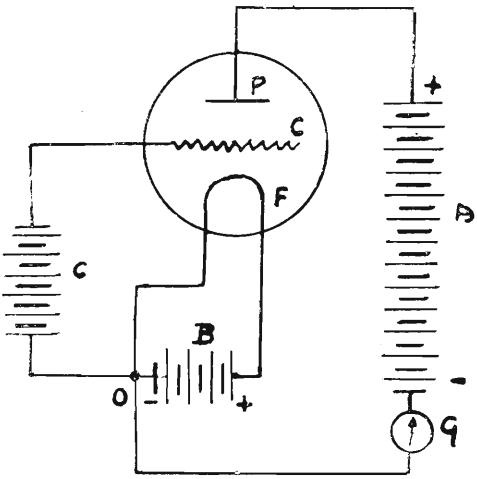


Fig. 290.

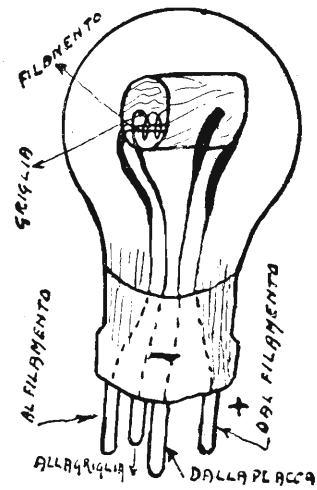


Fig. 291.

Vediamo come varia l'intensità della corrente nel circuito anodico, misurata dall'amperometro M (fig. 290), quando, lasciando costante il numero degli elementi della batteria A, si modifica il senso e la grandezza della d.d.p. fra griglia e filamento. Se il potenziale della griglia è notevolmente inferiore a quello del filamento, si nota che nel circuito anodico non passa corrente poichè la griglia caricata negativamente respinge gli elettroni che non raggiungono l'anodo (questo si sarebbe ottenuto collegando il polo negativo della batteria C alla griglia).

Se si diminuisce il numero degli elementi della batteria C, diminuisce così

la d.d.p. fra la griglia e il filamento, l'amperometro comincia a deviare e la corrente che esso segna aumenta man mano che si diminuisce il numero delle pile perchè l'azione repulsiva della griglia sugli elettroni diminuisce.

Se si inverte la polarità della griglia rispetto al filamento scambiando gli attacchi della batteria C, la griglia attira gli elettroni prendendone per sè un certo numero, una debole corrente passa nel circuito di griglia, e nel circuito di placca la corrente, molto più intensa che nel circuito di griglia, comincia ad aumentare. Se si accresce ancora il potenziale della griglia la corrente nel circuito anodico cessa di aumentare poichè tutti gli elettroni emessi dal filamento sono allora presi dalla placca e dalla griglia.

Quando infine si innalza molto il potenziale della griglia questa comincia a prendere una frazione importante degli elettroni emessi e la corrente anodica diminuisce, mentre la corrente di griglia continua a crescere.

In conclusione, facendo variare il potenziale della griglia fra un valore di poco inferiore ed uno di poco superiore a quello del filamento, si permette il passaggio della corrente anodica, producendo con piccole variazioni di tensione nel circuito di griglia delle variazioni di corrente molto sensibili nel circuito anodico, pur rimanendo costante in quest'ultimo la sorgente di alimentazione della corrente.

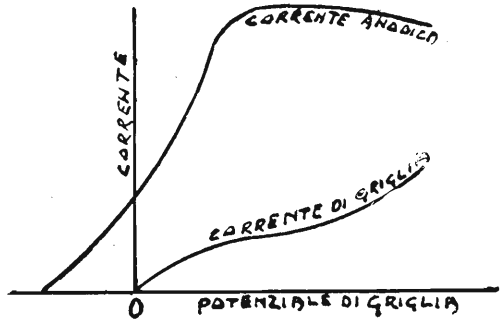


Fig. 292.

Queste variazioni si possono fare in un tempo estremamente breve. Gli elettroni possono essere fermati o lasciati passare dalla griglia almeno cento *milioni di volte per minuto secondo.* Nessun dispositivo meccanico possiede una inerzia così insignificante da permettere una tale prontezza di funzionamento.

I risultati di queste osservazioni si possono rappresentare graficamente con delle curve secondo il solito metodo. La figura 292 rappresenta la variazione della corrente anodica e di quella di griglia al variare della d.d.p. fra

griglia e filamento, essendo *costante la tensione anodica*. Le curve prendono il nome di *curve caratteristiche di griglia e anodica*.

La valvola a tre elettrodi può compiere tre funzioni importantissime nella pratica radiotelegrafica e precisamente quella di:

Generatrice di oscillazioni persistenti;
Rivelatrice dei segnali in arrivo;
Amplificatrice dei segnali in arrivo.

Studieremo brevemente queste tre funzioni della valvola termoionica a tre elettrodi, cercando di dare una spiegazione il più possibile elementare e comprensibile.

La valvola come generatrice di oscillazioni elettriche persistenti.

Abbiamo visto, parlando di un circuito oscillante smorzato, come avvenuta la scarica del condensatore e la relativa oscillazione, il circuito ritorna allo stato di riposo fino a quando una susseguente scintilla non lo mette nuovamente in vibrazione. Il circuito si trova nelle analoghe condizioni di un pendolo al quale viene dato un impulso meccanico che lo ponga in oscillazione. Egli effettua liberamente le sue oscillazioni e queste pian piano si smorzano; il pendolo si ferma fino a che un successivo impulso non viene a rimetterlo in movimento. Con una lampada, noi possiamo invece realizzare nel circuito oscillante un fenomeno analogo a quello che avviene al pendolo di un orologio il quale, messo in oscillazione da un leggero colpo, continua ad oscillare indefinitamente e precisamente fino a quando perdura la tensione della molla motore. Sappiamo bene che questo movimento costante si ottiene per mezzo dello scappamento il quale, azionato dallo stesso pendolo, libera periodicamente la molla motore all'istante più conveniente; questa molla restituisce al pendolo l'energia che egli ha perduto nell'oscillazione precedente ed il movimento continua.

Il fenomeno delle oscillazioni persistenti in un circuito avviene nel modo seguente: Immaginiamo che una perturbazione elettrica venga a produrre delle oscillazioni in un circuito oscillante. Per renderle persistenti noi facciamo induttivamente od in altro modo agire queste oscillazioni sul circuito di griglia di una lampada a tre elettrodi. La d.d.p. alternativa generata nel suddetto circuito provocherà variazioni nella corrente di placca, la quale, invece di mantenersi costante presenterà delle variazioni alternative secondo la frequenza delle oscillazioni del circuito oscillante. Questa corrente variabile ottenuta la si fa agire nuovamente sul circuito oscillante ed in tal modo verrà restituita ad esso l'energia perduta; le oscillazioni invece di spegnersi saranno mantenute per virtù di questa energia che è fornita da una sorgente elettrica locale.

In pratica il circuito è realizzato dalla disposizione della figura 293. In

un modo qualunque imprimiamo un impulso elettrico al circuito anodico di una valvola a tre elettrodi; ciò si può ottenere accendendo la lampada. Infatti allora una corrente passa subito nel circuito anodico ed essa è variabile dovendo aumentare da zero fino al suo valore normale; detta variazione di corrente produce una f.e.m. di autoinduzione nella bobina del circuito stesso S′ S″ ed il condensatore C si carica.

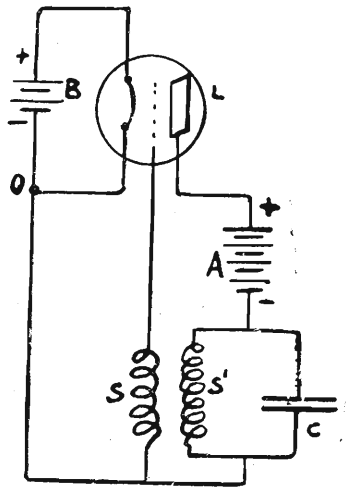


Fig. 293.

Scomparendo la f.e.m. di autoinduzione il condensatore si scarica ed il circuito anodico oscillante si mette ad oscillare. Dette oscillazioni *smorzate* si trasmettono per induzione alla bobina S inserita sul circuito di griglia. Il potenziale di griglia, per effetto di tali oscillazioni impresse, varia e, come abbiamo detto, varierà anche la corrente nel circuito anodico. Questa corrente variabile circolando nella bobina S′ S″ aiuta le oscillazioni del circuito anodico oscillante il quale diviene così sede di oscillazioni persistenti.

Si comprende come, affinchè questo risultato sia possibile, è necessario che le variazioni del potenziale di griglia abbiano senso adatto e fase conveniente per fare diminuire od abbassare la corrente anodica secondo quanto è richiesto dal circuito oscillante. Per giungere a ciò bisogna che le due bobine S ed S′ siano avvolte in senso contrario.

L'insieme della bobina S′ S″ e della capacità C può essere rimpiazzato da una antenna equivalente (fig. 294) nella quale la valvola mantiene le oscillazioni di ampiezza costante, la cui intensità viene misurata dall'amperometro M.

Noi abbiamo trasmesso alla griglia delle variazioni di potenziale per mezzo dell'induzione mutua fra le due bobine S′ ed S; qualsiasi altro procedimento il quale permetta di far dipendere il potenziale della griglia dalle oscillazioni dell'antenna, permette la produzione di oscillazioni persistenti.

Uno schema semplice di stazione trasmittente a valvola è quello rappresentato dalla fig. 295. Nel circuito oscillante il condensatore, come sappiamo, è sostituito dalla capacità dell'aereo; il tasto interrompe simultaneamente il circuito di griglia ed il circuito anodico. Le chiusure del tasto saranno più o meno lunghe a seconda che si vogliano trasmettere delle *linee* o dei *punti* dell'alfabeto Morse.

La valvola come ricevitrice dei segnali in arrivo.

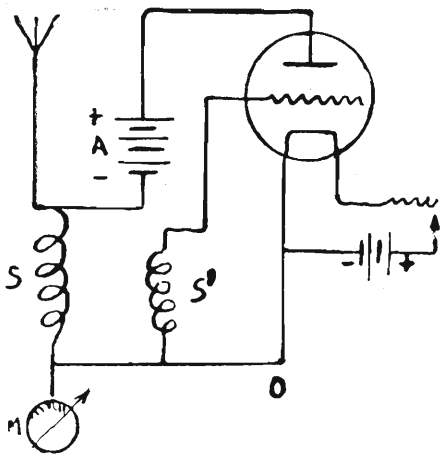


Fig. 294.

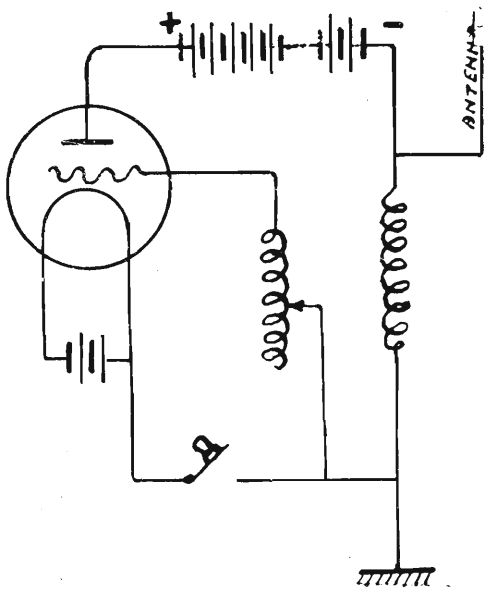


Fig. 295.

La medesima lampada che serve per la generazione di oscillazioni persistenti e quindi per l'emissione di onde persistenti può essere utilizzata per la ricezione dei segnali; essa adempie le funzioni di raddrizzatrice analogamente a quanto avveniva per i cristalli. La figura 296 rappresenta uno schema di

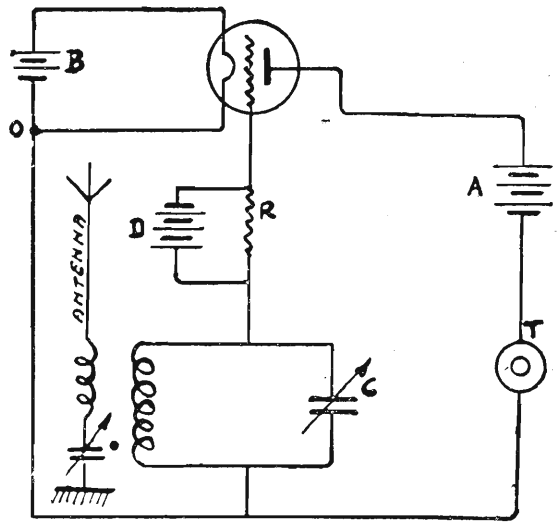


Fig. 296.

posto ricevente a valvola. Il circuito oscillante chiuso è quello S C, T è il telefono, A, B e D sono rispettivamente le batterie anodica, di accensione e di griglia. Sul circuito di griglia è inserita, in derivazione sulla batteria di griglia, una resistenza R, variando la quale ci sarà possibile variare in modo continuo la d.d.p. fra la griglia ed il filamento del valore zero e quello della batteria D. Un tale sistema prende il nome di *potenziometro* ed ora vedremo il perchè della sua inserzione in circuito.

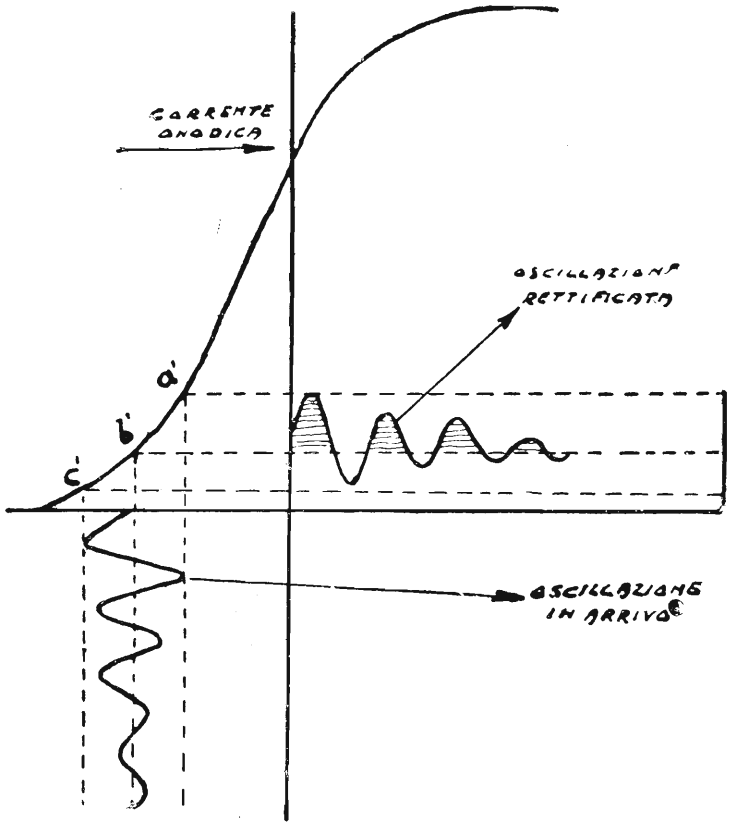


Fig. 297.

Prendiamo in esame la curva caratteristica di una valvola, rappresentata nella fig. 297. Sappiamo che sulla linea orizzontale O A sono riportati i valori della tensione di griglia. Portiamo, per mezzo del potenziometro il valore del potenziale di griglia da zero al valore O b al quale corrisponderà il valore b b' della corrente anodica. Arrivando le oscillazioni smorzate del

segnale da ricevere, esse modificheranno questo potenziale di griglia facendolo oscillare fra i valori *b a*, e *b c*. A tali variazioni del potenziale di griglia corrisponderanno analoghe variazioni della corrente di placca fra il valore *a a'* ed il valore *c c'*. Siccome noi portando con il potenziometro il valore iniziale del potenziale di griglia da O a *b* non abbiamo fatto altro che far lavorare la valvola nel tratto *c' a'* della sua caratteristica, ossia nel tratto in cui essa forma un gomito, avremo che le oscillazioni della corrente anodica non saranno simmetriche rispetto al loro valore medio e precisamente le alternanze positive risulteranno di maggiore ampiezza delle alternanze negative; in altre parole il valore medio della corrente anodica non sarà zero ma avrà un valore ben definito e perciò la membrana del telefono, sul quale detta corrente anodica agisce, riceverà un impulso per ogni treno di oscillazioni in arrivo. I treni di oscillazione componenti una *linea* od un *punto* del segnale in arrivo metteranno in vibrazione la lamina telefonica la quale riprodurrà un suono percepibile all'orecchio.

La ricezione, invece, dei segnali emessi da una stazione trasmittente con onde persistenti non sarebbe possibile con un tale sistema. Infatti una stazione trasmittente con onde persistenti emette delle oscillazioni continuamente e senza interruzione durante la durata di ciascuna *linea* o *punto;* avviene allora che la membrana del telefono riceve un impulso all'inizio del segnale e così rimane deformata per tutta la sua durata. Il telefono, non vibrando la sua lamina, non produce alcun suono. Per permettere la ricezione, in tal caso, si ricorre alla cosidetta *ricezione per interferenza.*

Questo sistema consiste nel trasformare, al loro arrivo dell'apparecchio ricevente, le onde persistenti in onde periodicamente variabili; si farà in modo che il periodo di queste variazioni di ampiezza sia dell'ordine di quello delle vibrazioni sonore. Vibrando allora la lamina telefonica con tale frequenza, emetterà il suono necessario alla ricezione.

Si ottiene questo, ricorrendo al fenomeno dei *battimenti.* Facciamo agire e sovrapporre all'oscillazione in arrivo un'altra oscillazione della medesima ampiezza ma di frequenza poco differente. Per renderci conto di quanto avviene in tal caso, immaginiamo l'esperienza seguente che è facile a realizzare.

Appendiamo (fig. 298) ad una asta di gomma A B tesa orizzontalmente due pendoli P e P' identici. Facciamo oscillare il pendolo P in un piano perpendicolare a quello della figura. Oscillando esso torce l'asta di gomma e tale movimento di torsione trascina il pendolo P' che comincia ad oscillare anch'esso. Ecco allora che cosa si osserva: l'ampiezza delle oscillazioni di P' aumenta, mentre le oscillazioni di P diventano meno ampie e cessano ad un certo istante; soltanto P' oscilla. Quindi le oscillazioni di P' diminuiscono

mentre a lor volta quelle di P ricominciano. Insomma la oscillazione passa periodicamente da P a P' e viceversa. Le oscillazioni dunque di ciascuno dei pendoli hanno ampiezze periodicamente variabili e possono essere ognuna

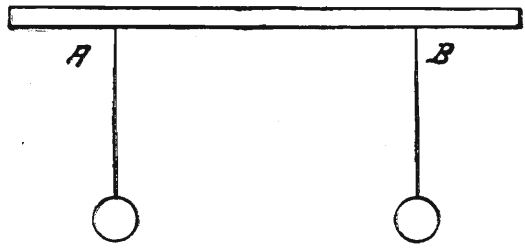


Fig. 298.

rappresentata dalla curva 299. Un fenomeno analogo avviene quando si sovrappongono due oscillazioni elettriche della medesima ampiezza ma di differente frequenza. Infatti se, ad un certo istante, le due oscillazioni componenti (fig. 299) e b) sono del medesimo senso e si sommano, questa concor-

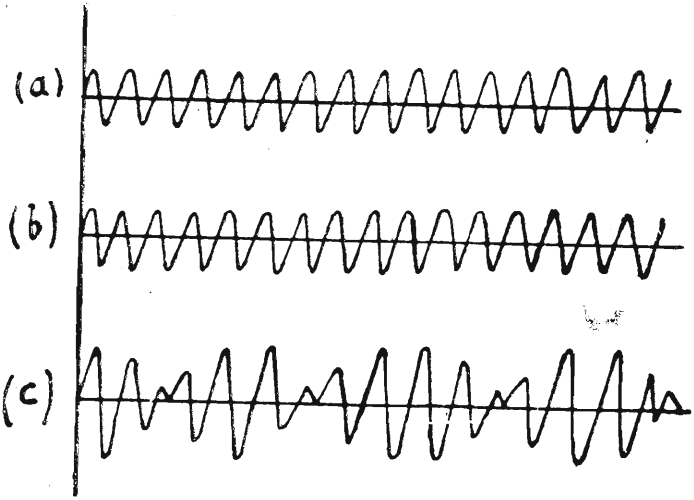


Fig. 299.

danza non si mantiene; l'oscillazione (b) più lenta ritarda sull'altra (a) ed arriva un istante in cui il ritardo raggiunge un semiperiodo. Le due oscillazioni allora hanno direzioni contrarie e si compensano mutualmente. Dopo un certo intervallo di tempo il ritardo sarà diventato di un intero periodo e le oscillazioni si sommano di nuovo. E' una tale composizione di vibrazioni che

produce in acustica il noto fenomeno dei battimenti e si rivela quando, ad esempio, ascoltando il suono di due corde di organo imperfettamente accordate l'orecchio percepisce un suono alternativamente rinforzato ed indebolito.

Ritornando al fenomeno elettrico, le due onde, quella in arrivo e quella generata localmente si sovrapporranno e si comporranno in un'onda periodicamente variabile (fig. 301) la quale potrà influenzare la membrana del telefono.

L'onda risultante ci dimostra che ha la frequenza eguale alla differenza delle frequenze delle due oscillazioni componenti. Basterà perciò far sì che questa differenza sia dell'ordine delle frequenze udibili perchè la membrana telefonica, vibrando con essa, produca il suono richiesto.

Per sovrapporre alle oscillazioni in arrivo all'antenna delle oscillazioni di frequenza quasi eguali, si fa agire sul circuito ricevente, simultaneamente all'antenna, un generatore di oscillazioni a valvola, ad esempio, del tipo che abbiamo già descritto. Un tale generatore impiegato per la ricezione delle onde persistenti prende il nome di *eteronina*. Essa si dispone a fianco degli apparecchi di ricezione.

Un sistema più moderno e meno costoso, anche se di manovra più difficile, è oggi universalmente usato. Ci si serve della stessa lampada ricevente per generare le oscillazioni, persistenti nel circuito oscillante di ricezione. Queste oscillazioni, che si ottengono dalla voluta frequenza regolando il circuito oscillante ricevente ad una non perfetta risonanza, si sovrappongono alle oscillazioni in arrivo, producono i battimenti i quali, raddrizzati dalla valvola stessa, vanno ad agire sulla membrana telefonica.

La figura 300 rappresenta uno schema di un apparecchio ricevente a valvola. Il circuito CS è il circuito oscillante di ricezione ed M è una bobina d'induttanza che, accoppiata induttivamente con la bobina S permette la produzione delle oscillazioni persistenti; sappiamo infatti che le oscillazioni del circuito CS provocano delle variazioni periodiche del potenziale di griglia e, per conseguenza, della corrente di placca; questa reagisce per induzione sul circuito oscillante CS e mantiene le oscillazioni. Un ricevitore così montato ha anche delle notevoli quantità amplificatrici dei segnali e permette una grande sensibilità nei ricevitori.

La valvola come amplificatrice dei segnali in arrivo.

La valvola può compiere anche un altro importante ufficio e precisamente quello di amplificare la corrente ricevuta, in modo da rendere percettibili segnali tanto deboli che altrimenti sarebbe impossibile ricevere direttamente. L'amplificatore a valvole aumentando assai la sensibilità del ricevitore, ha per-

messo di accrescere considerevolmente la portata delle trasmissioni radiotelegrafiche.

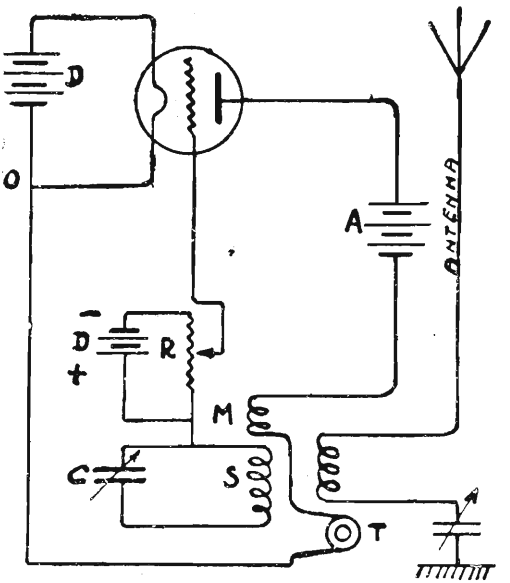


Fig. 300.

Riprendiamo in esame la curva caratteristica della valvola (fig. 301). Osservandola noi possiamo notare come per piccole variazioni della tensione di griglia si hanno rilevanti variazioni della corrente anodica. Ad esempio, se la tensione di griglia varia fra il valore Oa ed Ob, la corrente anodica varierà corrispondentemente fra il valore Oc ed Od; si nota agevolmente la differenza fra queste due variazioni. Se facciamo lavorare la valvola nel tratto rettilineo della sua caratteristica c' d' vedremo come ad una variazione della tensione di griglia dovuta al segnale in arrivo fra a e b, corrisponderà una analoga variazione della corrente anodica fra c e d; il segnale giunto risulterà amplificato.

Per portare la valvola a lavorare nel tratto rettilineo della sua caratteristica, ossia per portare il valore iniziale della tensione di griglia al valore OV si può, sia regolare la tensione anodica e sia l'accensione del filamento.

Se la figura 302 rappresenta il circuito di una valvola usata come amplificatrice, avremo che le oscillazioni, indotte dalle onde elettromagnetiche di una stazione trasmittente, produrranno delle variazioni di potenziale fra i punti M ed N del circuito di griglia, variazioni le quali modificheranno il potenziale iniziale della griglia che è precisamente quello del polo negativo della batteria di accensione a cui la griglia stessa è collegata.

Le oscillazioni del potenziale di griglia regoleranno il passaggio degli elettroni dal filamento alla placca e quindi la intensità della corrente anodica,

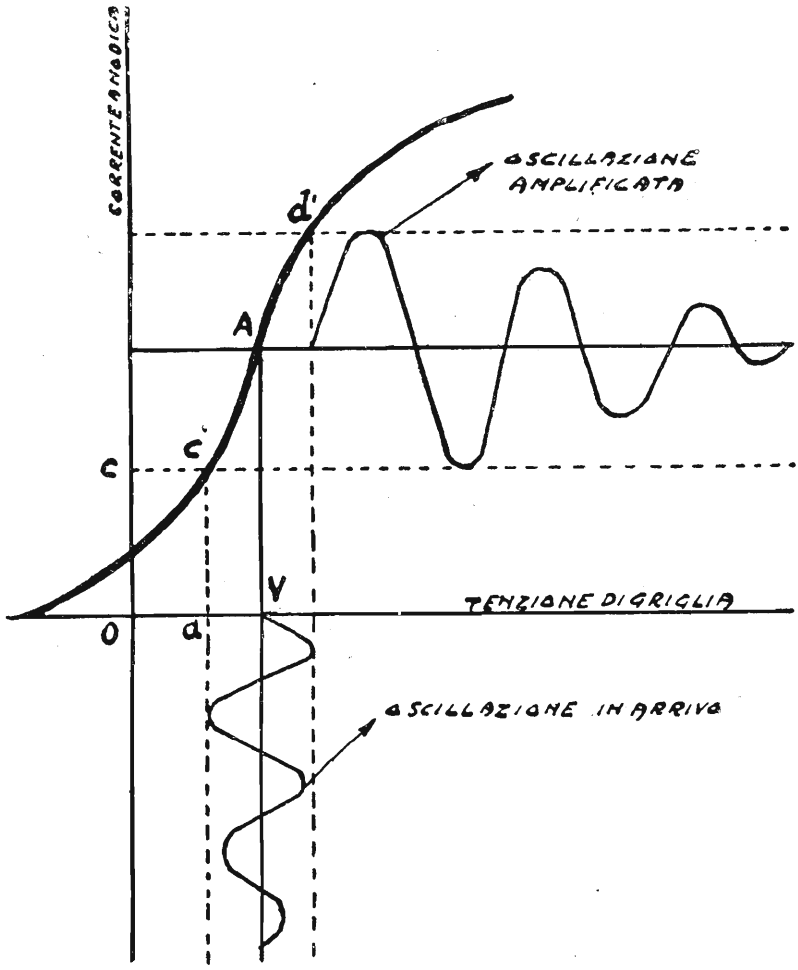


Fig. 301.

la quale oscillerà alla stessa frequenza delle oscillazioni in arrivo che hanno influenzato la griglia della valvola. Analogamente potremo dire che il circuito oscillante ricevente esercita sulla valvola una funzione che si può paragonare a quella di una regolazione variabile di una turbina nella quale un comando aumenti o diminuisca periodicamente il passaggio del vapore per mezzo di un rubinetto.

Cerchiamo di dare una idea dell'ordine di grandezza del fenomeno. Ammettiamo, ad esempio, che la variazione prodotta dalle oscillazioni in arrivo sul circuito di griglia sia di 1 millivolt e che tale variazione del potenziale di griglia provochi una corrispondente variazione della corrende anodica di $\frac{1}{10000}$

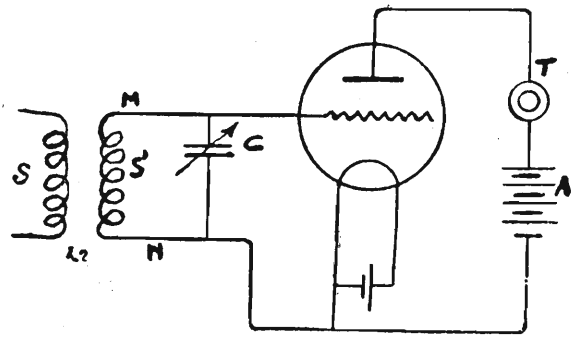


Fig. 302.

di milliampère. Se la resistenza del circuito anodico (resistenza dello spazio filamento-placca) è di 30.000 ohm avremo che la variazione di tensione attraverso la resistenza del circuito anodico stesso sarà: (legge di ohm).

$$V = RI = \frac{1}{10.000.000} \times 30.000 = \frac{9}{1.000} \text{ volt}$$

Una d.d.p. di 1 millivolt sulla griglia produrrà una d.d.p. di 9 millivolt sul circuito anodico; l'amplificazione di tensione sarà quindi di 9 volt. Lavorando la griglia ad un potenziale negativo, essa non attira a sè gli elettroni uscenti dal filamento e quindi nessuna corrente nel circuito filamento-griglia si produrrà; perciò le variazioni del potenziale di griglia per effetto dei segnali in arrivo avvengono quasi senza consumo di energia. Avremo invece consumo di energia nella resistenza del circuito anodico e questa energia sarà fornita dalla batteria di pile A.

L'amplificazione dei segnali può essere fatta prima e dopo il raddrizzamento dei segnali stessi. Nel primo caso si avrà l'*amplificazione ad alta frequenza* e nel secondo l'*amplificazione a bassa frequenza.*

Nell'amplificazione ad alta frequenza i segnali in arrivo sono portati ad agire sulla griglia della valvola amplificatrice per mezzo della risonanza fra un circuito oscillante ricevente (aereo) ed un circuito oscillante inserito sul circuito di griglia della valvola (fig. 303) e si hanno allora gli *amplificatori a risonanza.*

Nell'amplificazione a bassa frequenza i segnali precedentemente raddrizzati sono fatti agire (fig. 302) sul circuito di griglia della valvola amplificatrice per mezzo di un trasformatore (T r) a nucleo di ferro.

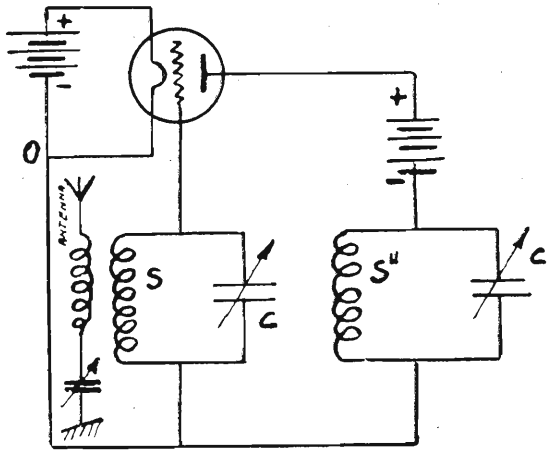


Fig. 303.

L'amplificazione può essere fatta, invece che con trasformatori anche per mezzo di resistenze ed allora si hanno gli *amplificatori a resistenza*.

Se l'amplificazione con una sola valvola è insufficiente, si mette (fig. 304) al posto del telefono T il primario di un secondo trasformatore; si collega il

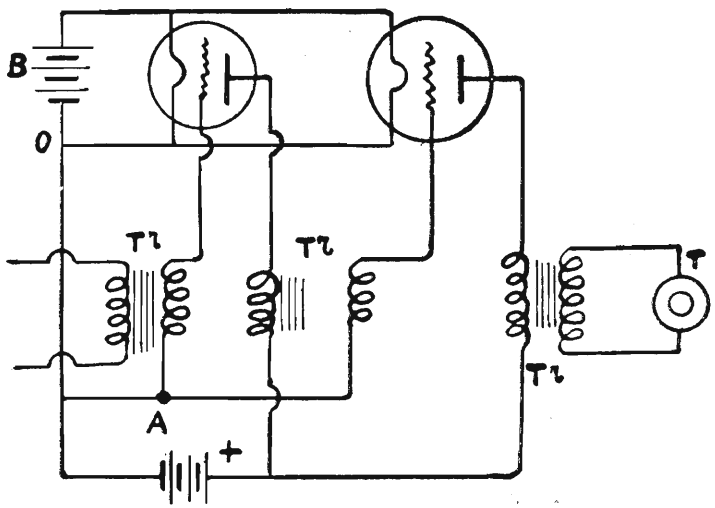


Fig. 304.

suo secondario alla griglia di una seconda valvola e si ascolta con un telefono intercalato sul circuito anodico di questa valvola. Si hanno così amplificatori a diversi stadi di amplificazione. La fig. 304 rappresenta un amplif. a 2 stadi ed in esso i filamenti delle valvole sono portati all'incandescenza della medesima batteria B e le loro placche caricate positivamente dalla stessa batteria A.

L'amplificazione può essere fatta, invece che con trasformatori, anche per mezzo di resistenze ed allora si hanno gli *amplificatori a resistenza.*

In essi il segnale amplificato dalla prima valvola è portato ad agire sopra la griglia della valvola successiva, per effetto di una resistenza R e di un condensatore C (fig. 305). Il segnale in arrivo fa variare periodicamente il po-

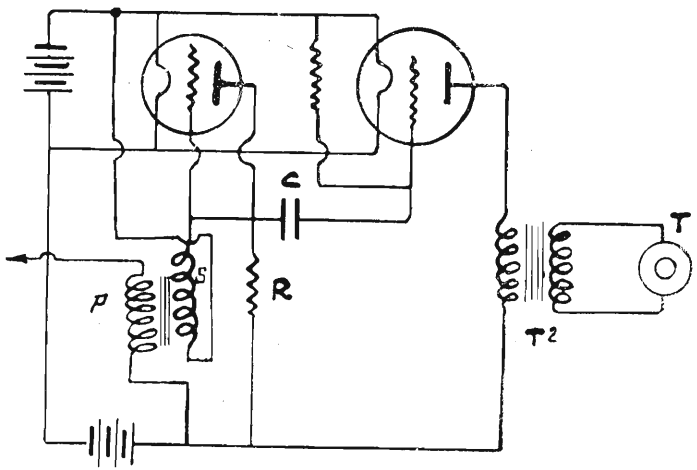


Fig. 305.

tenziale della prima griglia; sappiamo che ne risultano variazioni della intensità della corrente anodica sul quale è inserita la resistenza R. Questa resistenza è scelta in modo da essere molto più grande della resistenza dello spazio filamento-placca e quindi rilevante sarà la caduta di tensione da essa provocata per effetto della corrente anodica, dipendendo essa (legge di Ohm) dal valore della resistenza; in altre parole alle variazioni di tensione della griglia corrispondono, ai terminali della resistenza R, variazioni di potenziale generate da analoghe variazioni della corrente anodica tanto più elevate quanto maggiore è il valore della resistenza stessa.

La fig. 305 rappresenta un amplificatore a resistenza a due valvole.

§ 112 — Cenno di radiotelefonia

Se una antenna riceve onde persistenti la cui intensità rimane costante e se il ricevitore è un semplice raddrizzatore, la corrente media raddrizzata conserva una intensità costante. Abbiamo visto che in tal caso la membrana telefonica, all'inizio del segnale (punto o linea), si sposta e rimane spostata finchè continua l'emissione delle onde da parte della stazione trasmittente; ossia la membrana non vibra ed il telefono rimane silenzioso. Perchè la membrana dia un suono, è necessario che l'ampiezza della corrente che va al raddrizzatore varii con frequenza acustica, in modo cioè che il valore medio della corrente raddrizzata che attraversa il telefono varii con frequenza acustica e la membrana vibri in conseguenza. Il generatore di oscillazioni locali compie l'ufficio di variare periodicamente l'ampiezza della corrente che si manda al rivelatore.

Quando si ricevono trasmissioni ad onde smorzate, l'ampiezza della corrente non è costante; l'antenna oscilla quando giunge un treno di onde, poi ritorna all'equilibrio elettrico e si rimette ad oscillare quando sopraggiunge il treno successivo. Mediante il raddrizzamento della corrente si rende possibile che la membrana telefonica vibri con la frequenza dei treni di oscillazione.

Immaginiamo che, dopo aver provocato il formarsi sull'antenna trasmettente di una corrente oscillante di ampiezza costante noi produciamo delle variazioni della sua ampiezza con frequenza acustica.

La corrente raddrizzata nella stazione ricevente seguirà tali variazioni e darà un suono al telefono il cui numero di vibrazioni per secondo è eguale al numero delle variazioni di ampiezza.

Su questo principio è basata la radiotelefonia.

Essa è entrata nella pratica corrente con la generazione di onde persistenti per mezzo delle valvole termoioniche.

Il sistema più semplice per trasmettere la voce a distanza mediante le onde elettromagnetiche consiste nel variare l'ampiezza delle oscillazioni persistenti emesse da un aereo, mediante le variazioni di resistenza di un microfono davanti al quale si parla.

Se in un aereo accoppiato induttivamente con una spirale L ad un generatore di oscillazioni persistenti, s'inserisce un microfono davanti al quale si parla (fig. 306), la resistenza del microfono varia con il vibratore della sua membrana e quindi varia anche l'ampiezza delle correnti oscillanti dell'aereo.

Le oscillazioni dell'aereo sono rappresentate da onde di ampiezza variabile secondo la curva della figura 307, che, con la sua forma riproduce le variazioni di resistenza del microfono e le ondulazioni della voce. Poichè la fre-

quenza delle oscillazioni elettriche usate in radiotelegrafia è notevolmente più grande della frequenza delle onde sonore, nella più piccola ondulazione della curva della figura 307 trova posto un grande numero di oscillazioni elettriche.

Fig. 306.

Oscillazioni della medesima forma sono indotte sull'aereo ricevente. Se tali oscillazioni venissero fatte passare attraverso ad un ricevitore telefonico la sua lamina non potrebbe vibrare data la loro frequenza eccessiva, ma se, mediante un raddrizzatore a cristallo od a valvola, si sopprimono le mezze onde che si trovano al disotto della linea orizzontale del diagramma o quelle che si trovano al disopra, passerà nel ricevitore telefonico una corrente variabile il cui valore medio è rappresentato da una curva della forma di quella della figura 307. La membrana del telefono vibra seguendo le variazioni di tale corrente e riproduce la voce emessa davanti al microfono trasmittente.

Un ricevitore radiotelefonico è quindi eguale ad un ricevitore radiotelegrafico per onde smorzate.

Si vede, riassumendo, come la variazione periodica di ampiezza prodotta, in una stazione trasmettente a scintilla per la successione periodica delle scintille, sia rimpiazzata, in radiotelefonia, da una modulazione di ampiezza ottenuta servendosi di un microfono.

La realizzazione della radiotelefonia consiste dunque nella generazione di onde persistenti in una antenna e quindi nel far variare la loro ampiezza costante utilizzando la corrente di un circuito microfonico. Un ricevitore radiotelefonico è identico ad un ricevitore radiotelegrafico.

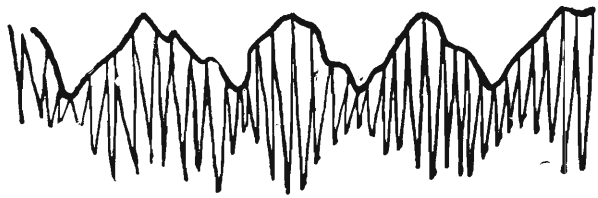


Fig. 307.

Quanto al trasmettitore esso si compone di un generatore di onde persistenti nel quale è soppresso il tasto telegrafico ed è sostituito con un dispositivo per mezzo del quale un microfono agisce sull'intensità delle onde emesse dall'antenna.

I primi esperimenti di radiotelefonia furono eseguiti servendosi di un generatore di oscillazioni persistenti ad arco, ma dato il grave inconveniente presentato dall'arco e precisamente quello che l'ampiezza delle oscillazioni non è esattamente costante, si è passati all'uso di generatori a valvola, per mezzo dei quali oggi il problema della radiotelefonia si può dire completamente risolto.

Se il posto di emissione è di debole potenza, si può intercalare direttamente (fig. 308) il microfono sull'antenna oppure lo si può far agire induttivamente sull'antenna stessa (fig. 308).

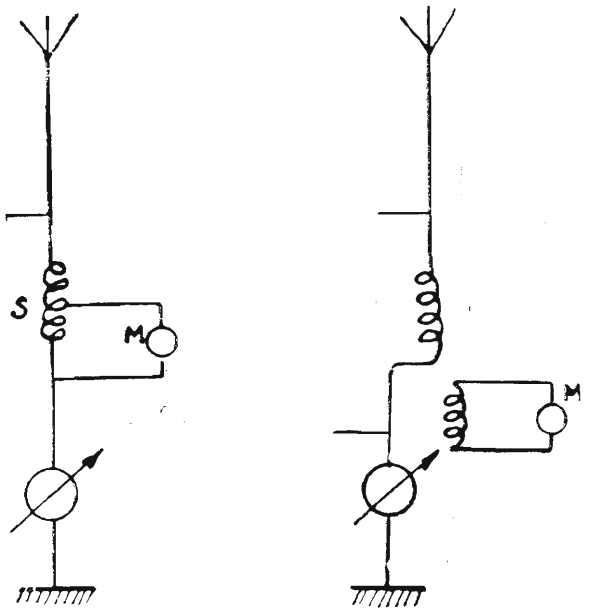


Fig. 308.

In tutti questi posti vi è una bobina S inserita sull'antenna; si dispone in derivazione su di essa un microfono M. Quando si parla davanti al microfono, la sua resistenza elettrica aumenta o diminuisce periodicamente; quando essa è debole l'ampiezza della corrente di antenna diminuisce, ed aumenta, al contrario, quando questa resistenza diventa molto grande. Si ottiene quindi, per mezzo di questo semplice procedimento, una variazione della intensità delle oscillazioni dell'antenna le quali seguono esattamente le ondulazioni della voce.

Questo metodo, ripetiamo, dà buoni risultati solo per piccole antenne e per stazioni poco potenti. L'intensità della corrente che circola nel microfono non è esagerata e la riproduzione della voce è molto fedele.

Per stazioni di grande potenza l'intensità della corrente che si fa passare nel microfono sarebbe, adottando tale metodo, troppo intensa ed allora si usano in pratica altri metodi e sistemi di modulazione dei quali noi omettiamo la spiegazione sembrandoci che quanto è stato esposto possa dare una idea semplice ed esatta della trasmissione della voce a distanza.

§ 113 — **Cenno di radiogoniometria**

Il radiogoniometro permette di determinare la direzione in cui è situata la stazione radiotelegrafica trasmittente. Se una nave, ad esempio, può determinare la direzione di due stazioni che trasmettono simultaneamente, sarà facile precisare la posizione della nave stessa: infatti tale posizione sarà indicata esattamente, qualora non vi fossero inevitabili errori, dal punto di incontro sulla carta nautica delle due direzioni. Viceversa se una nave trasmette un segnale, questo può essere ricevuto da due stazioni riceventi poste a conveniente distanza angolare ed esse stesse possono determinare la posizione di chi trasmette, posizione che verrà data dall'incontro delle due direzioni secondo le quali sono stati ricevuti i segnali. Insomma per mezzo della radiotelegrafia si possono risolvere, con la dovuta approssimazione, tutti i problemi di posizione che interessano il navigante.

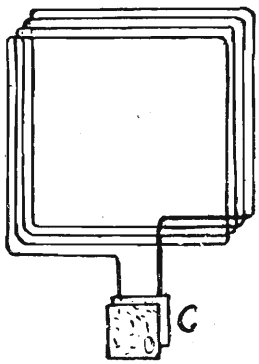


Fig. 309.

Permette inoltre ad una nave in navigazione con tempo nebbioso, di evitare collisioni con navi vicine.

Vediamo come si possa individuare una direzione per mezzo del radiogoniometro. La ricezione deve essere fatta mediante un aereo speciale chiamato *quadro*. Esso (fig. 309) consiste in una spirale costituita da un certo numero di spire avvolte su di un telaio di qualche metro quadrato di superficie. Il quadro, altrimenti detto anche *telaio*, sostituisce completamente l'antenna ricevente. Noteremo nella ricezione che i segnali trasmessi si rinforzano quando il piano del telaio stesso si trova nella direzione della stazione trasmettente e scompaiono dal telefono quando il quadro è in una direzione ad essa normale. Per posizioni intermedie si raccolgono segnali di intensità più o meno forte a seconda dell'angolo fra il piano del quadro e la direzione della stazione trasmettente.

Non vi è dubbio però che non è possibile disporre a bordo di un quadro girevole di notevoli dimensioni, il che sarebbe anche di difficile sistemazione; vedremo come si rimedia a questo non lieve inconveniente con la spiegazione

del radiogoniometro Bellini e Tosi, dal quale poi sono in seguito derivati molti altri tipi di radiogoniometro più moderni e perfezionati.

Si utilizzano due quadri fissi ABCD ed EFGH identici per dimensioni e per numero di spire, disposti ad angolo retto fra loro (fig. 310). Questi quadri restano sempre immobili e si possono quindi dare loro dimensioni anche notevoli. Gli estremi degli avvolgimenti di ciascun quadro sono connessi agli estremi di due bobine identiche *abcd* ed *efgh* sistemate nel locale della stazione radiotelegrafica e disposte in piani rispettivamente paralleli a quelli dei quadri con i quali sono connesse. Ciascuna di queste bobine ha un condensatore (C_1 e C_2) che permette di sintonizzare il circuito oscillante di cui fa parte (per C_1 è *ABCbcdaD*) per la lunghezza d'onda che si vuol ricevere. All'interno delle due bobine è sistemata una terza bobina M giacente in un piano verticale e mobile intorno all'asse *pp'* anch'essa sintonizzabile per mezzo del condensatore C_3. Si comprende che se la stazione trasmettente è nel piano del quadro ABCD in questo viene, dalle onde in arrivo, indotta una f.e.m. massima, mentre in EFGH non si ha f.e.m. Nel circuito oscillante *ABCbcdaD* si ha una corrente massima, nell'altro, corrente nulla. La bobina *abcd* produce un campo magnetico massimo, l'altra non produce alcun campo magnetico. La bobina mobile è sede di f.e.m. massima se è concatenata con il massimo numero di linee di flusso e quindi quando si trova nel piano *abcd*. Se essa è connessa con un ricevitore radiotelegrafico, pertanto si sentono in questo caso segnali di intensità massima.

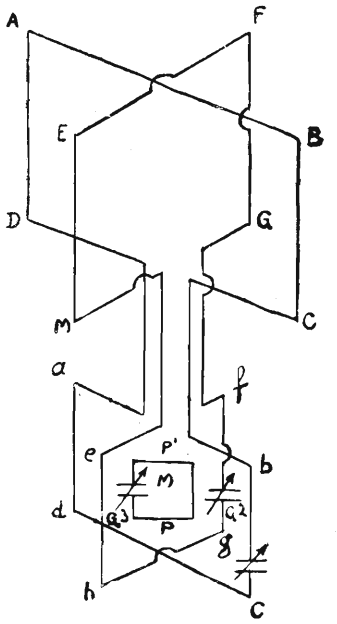


Fig. 310.

Inversamente se la stazione trasmettente è nel piano del quadro EFGH. Per posizioni intermedie i due quadri sono sede di f.e.m. e correnti diverse; di f.e.m. e corrente maggiore quello il cui piano fa un angolo minore con la stazione radiotelegrafica trasmettente. La posizione nella quale la bobina mobile è concatenata con un flusso massimo, varia e quindi varia la posizione secondo cui si sente più forte il segnale.

Se la bobina M è munita di un indice che scorra su di un cerchio graduato si può avere la direzione (rilevamento polare) della stazione che trasmette. Il sistema di ricezione con quadro unico e girevole è tuttavia il preferito oggi per

le stazioni radiotelegrafiche terrestri che comunicano con corrispondenti fissi, poichè la ricezione direttiva in unione alla sintonizzazione degli apparecchi permettono di eliminare completamente le trasmissioni che disturbano e perchè con l'aereo a quadro si riducono anche di molto i parassiti atmosferici.

Oltre ad avere uno scopo utilissimo in tempo di pace, la radiogoniometria è della massima importanza nelle operazioni belliche navali per poter individuare emissioni radiotelegrafiche di unità in moto.

E' noto come durante la guerra tutti i belligeranti abbiano fatto largo uso di stazioni radiogoniometriche, ed in particolare quanto abbiano influito, per determinare l'incontro della squadra inglese con quella tedesca.

Così la marina tedesca forniva ai dirigibili Zeppelin, nelle incursioni sulle coste inglesi, la propria posizione mediante stazioni radiogoniometriche terrestri ed al fronte franco-inglese la posizione dei Comandi di Armata era localizzata con le intercettazioni radiogoniometriche dei segnali radiotelegrafici.

E' anche noto come, durante la guerra, il servizio di scoperta dei sommergibili e la difesa antiaerea si siano largamente valsi di radiogoniometrici del tipo Bellini-Tosi ed a quadro.

Oggi, come abbiamo detto, i radiogoniometri si vengono classificando in prima linea fra tutti gli apparecchi studiati negli ultimi anni per rendere più sicura e precisa non solo la navigazione marittima, ma anche quella aerea.

§ 114 — **Cenno sui segnali sottomarini**

Una delle principali difficoltà della navigazione, anche diurna, risiede nella atmosfera, che qualche volta diventa quasi impenetrabile alla luce (nebbie persistenti e passeggere), rendendo nulli i benefici di quella rete di segnali luminosi di cui, sotto forma di fari, la civiltà ha circondato le coste marittime. Le condizioni atmosferiche hanno spesso anche un altro effetto pericoloso e precisamente quello di influire sulla trasmissione del suono nell'aria in modo da alterare i segnali acustici posti in aiuto del navigante nei paraggi pericolosi.

Queste condizioni di cose hanno spinto le Autorità interessate a studiare altri mezzi di comunicazione e di indicazione di rotta, i quali fossero indipendenti dalle azioni perturbatrici sopraindicate.

Questi mezzi, a prescindere dalla radiogoniometria, sono di tre specie diverse, secondo che impiegano segnalazioni acustiche da trasmettersi attraverso l'acqua, o segnalazioni elettromagnetiche, oppure ambedue le segnalazioni insieme.

Il primo sistema consiste nell'*avvisatore sottomarino elettrofonico*: un apparecchio trasmettente che produce elettricamente delle vibrazioni in un

diaframma a contatto con l'acqua; tali vibrazioni si comunicheranno al liquido a contatto con il diaframma e si trasmetteranno a distanza, in una direzione presso poco normale al diaframma. Siccome il numero delle vibrazioni è superiore a 500, ossia di una frequenza udibile al nostro orecchio, attraverso al liquido si trasmetteranno suoni con nota musicale, che saranno ricevuti da un apposito apparecchio ricevente.

Ricerche più complesse eseguite durante la guerra 1914-18, specialmente in Germania, hanno però dimostrato che anche in acqua avvengono fenomeni analoghi a quelli lamentati nell'aria, a proposito delle trasmissioni acustiche. Si sono allora intensificati gli studi per giungere ad una equa soluzione del problema e si è giunti al secondo sistema e cioè a quello degli:

Avvisatori sottomarini elettromagnetici.

Il principio sul quale essi si basano è molto elementare e molto antico. E' noto che il campo di un conduttore elettrico, percorso da una corrente, ha le linee di forza ad esso concentriche e che, se la corrente è alternata, le variazioni di campo corrispondenti alle alternative della corrente dànno origine in circuiti chiusi convenientemente orientati e posti a distanza non eccessiva dal conduttore, a correnti indotte. Se quindi abbiamo un cavo percorso da una corrente alternata sarà possibile scoprirlo ed in qualche modo seguirlo, *osservando* la corrente in un circuito *rivelatore*. La nave in moto, possiede il circuito rivelatore e la rotta da seguire, ad esempio, per entrare in un porto di difficile approdo, è segnata materialmente da un cavo immerso, percorso da corrente alternata di caratteristica conosciuta; per seguire la rotta, la nave non dovrà che scoprire *elettricamente* il cavo e tenersi il più possibile vicino ad esso. Questo è il principio nelle sue linee essenziali. E' facile comprendere come in pratica l'attuazione di tale principio presenti difficoltà non semplici, ad eliminare le quali, si sono posti all'opera eminenti studiosi di ogni nazione.

Gli strumenti rivelatori consistono nelle loro linee generali in due grandi bobine di filo conduttore sistemate sui due fianchi della nave: ciascuna di esse darà indicazioni diverse, più forti dalla parte del cavo e più deboli dalla parte opposta. Quando la nave si avvicina al cavo, essa lo rileverà dalla parte dove le segnalazioni sono più forti: queste andranno crescendo fino a che la nave non si troverà sopra al cavo. Si cercherà allora di ottenere eguali indicazioni dalle due bobine ed in questo caso la nave seguirà il cavo e quindi la rotta sicura.

Il terzo sistema consiste nell'abbinare i due metodi sopra descritti: si può pensare che il cavo di un avvisatore sottomarino elettromagnetico alimenti con la sua stessa corrente alternata un avvisatore elettrofonico. Così la nave proveniente dal largo, avvertita dall'avvisatore elettrofonico e seguendo il suo ri-

chiamo, potrà da grande distanza (fino a 20 miglia e forse più) dirigere sicuramente sulla estremità del *cavo pilota* (tale è il nome che prende comunemente l'avvisatore sottomarino elettromagnetico) e quindi, governando secondo le indicazioni di esso, giungere in porto.

§ 115 — **Cenni di radiocomando**

Poichè le onde elettromagnetiche costituiscono una forma di energia che si trasporta da luogo a luogo nello spazio, nulla si opporrebbe in teoria a che di questo mezzo ci si valesse per trasmettere a distanza considerevoli quantità di energia; senonchè in pratica le perdite che si incontrano sono così rilevanti e la considerazione del rendimento ha fino ad oggi impedito che il problema della trasmissione dell'energia a distanza potesse, per questa via, avere una soddisfacente soluzione.

Gli amplificatori a valvola però con la loro funzione di aumentare l'intensità di energia *captata* dall'aereo ricevente, a spese di una locale batteria di accumulatori, sono giunti in aiuto ed allora si è pensato di esercitare, per mezzo delle onde elettromagnetiche non il semplice movimento di una membrana telefonica, ma, con il tramite di opportuni relais, il comando di apparecchi meccanici di rilevante potenza.

Attraverso studi ed esperimenti si è creata così una nuova branca della radiotelegrafia, detta *radiomeccanica*, la quale, negli ultimi quindici anni, si è venuta sviluppando con speciale riguardo alle applicazioni militari e navali.

Per quanto la guerra 1915-18 abbia dato notevole impulso a questi studi, pure le prove che sembra abbiano dato risultati soddisfacenti, risalgono all'estate 1921 con gli esperimenti di dirigibilità a distanza della corazzata Jowa, eseguiti durante le esercitazioni di tiro, dalle forze aeree e navali americane. Tralasciando di occuparci dei particolari di natura specialmente meccanica dei vari tentativi fatti per ottenere una soluzione pratica del problema in epoca meno recente, esaminiamo i vari aspetti del problema allo stato attuale della radiotelegrafia.

Qualunque sia l'ordigno che si voglia comandare a distanza per mezzo delle onde elettromagnetiche, esso dovrà trasportare seco l'energia da controllare: in un siluro questa energia potrà essere fornita da una batteria di accumulatori ad una macchina di propulsione, ad un meccanismo per la manovra del timone, ecc. Organo indispensabile dell'apparecchio comandato a distanza dovrà essere una antenna ricevente, un dispositivo raddrizzatore delle oscillazioni ed un amplificatore a valvola.

Un sistema per azionare successivamente i diversi relais destinati a fornire ai diversi organi l'energia occorrente al loro funzionamento, potrà essere basato sulle qualità di selezione del ricevitore, in base alla trasmissione di onde di lunghezza diversa (v. § 95). Per ognuna di queste onde che arriveranno all'apparecchio da essere comandato, oscillerà il circuito che per tale lunghezza d'onda è sintonizzato e non gli altri. Se i relais dei diversi organi da comandare sono azionati ciascuno da circuiti sintonizzati ognuno su di una diversa lunghezza d'onda, si comprende facilmente come si potrà mettere in funzione uno oppure l'altro dei relais variando opportunamente la lunghezza d'onda della nostra trasmissione.

Questo sistema ai fini militari presenta il notevole inconveniente che l'emissione di onde di lunghezza opportuna da parte del nemico può completamente annullare l'efficienza pratica dell'apparecchio, che sarà così sottratto al nostro controllo. Per quanto sia possibile garantire, mediante l'emissione di onde di caratteristiche speciali e con l'adozione di ricevitori altamente selettivi, il funzionamento di sorpresa di apparecchi di tale genere, pure, finchè non si riuscirà ad impedire il disturbo di altre trasmissioni sulle proprie, il problema non si potrà considerare completamente risolto.

Per quanto riguarda la durata di funzionamento di uno qualunque dei macchinari che si vogliono comandare a distanza, essa è strettamente legata al periodo di chiusura del relais, e quindi alla durata della trasmissione ad una determinata lunghezza d'onda.

L'ingegnere americano Hammond ha ideato un tipo di brulotto dirigibile navigante alla superficie del mare, di circa 30 tonnellate, dotato di motori a benzina della potenza di 500 HP, che gli imprimono una elevatissima velocità; esso è stato esperimentato con risultati, pare soddisfacenti. Il comando a distanza del brulotto dirigibile navigante alla superficie del mare, di circa 30 tonnellate, è dotato di motori a benzina della potenza di 500 HP, che gli imprimono una elevatissima velocità; esso è stato esperimentato con risultati, pare soddisfacenti. Il comando a distanza del brulotto è possibile da un aeroplano, da una nave o da una stazione costiera; esso comprende la marcia avanti, indietro ed a varie velocità delle motrici; il governo del timone; il lancio del siluro.

Non molto tempo fa un ingegnere italiano ha esperimentato alla presenza delle autorità e dei tecnici, il comando a distanza di un motoscafo, con buoni risultati.

In quanto si riferisce al comando a distanza della corazzata-bersaglio Jowa, di cui abbiamo parlato all'inizio di queste brevi note, diremo che, messe avanti le macchine a piccolo moto, l'equipaggio della nave bersaglio è sbarcato e la direzione della sua rotta è stata assunta dall'Ufficiale radiotelegrafista della

nave da battaglia « Ohio ». Tale direzione ha compreso il comando, attraverso ad una catena di relais mettenti successivamente in giuoco quantità crescenti di energia, dei seguenti organi della nave:

1°) *Motrici principali alle varie marcie.* Il segnale R. T. amplificato faceva agire un sensibilissimo relais, il quale, a sua volta, ne metteva in funzione uno maggiore che chiudeva il circuito elettrico di manovra di una valvola pneumatica. Aprendosi questa valvola essa immetteva aria compressa nella valvola di registro della motrice principale, obbligandola ad aprirsi e lasciare passare il vapore.

2°) *Caldaie alle varie andature.* Mediante relais che azionavano le pompe di alimentazione della nafta e dell'acqua.

3°) *Timone.* La bussola giroscopica in funzione, manovrava, mediante l'apertura di relais, la macchina del timone in modo da riportare la nave nella medesima direzione. Volendo cambiare la rotta della nave, la bussola veniva sconnessa ed entrava in funzione un motorino elettrico, il quale a sua volta apriva la valvola di registro della macchina del timone in un senso o nell'altro in modo da mettere il timone alla banda a dritta od a sinistra.

Un particolare congegno di sicurezza, basato sopra un sistema di orologeria, automaticamente chiudeva il vapore alle motrici principali ed al timone nel caso che il ricevitore fosse diventato inefficace o nel caso che, trascorso un certo tempo, non arrivassero più radiosegnali.

I buoni risultati ottenuti in questo primo esperimento hanno dato un nuovo impulso agli studi e sono già da tempo in corso esperienze per dirigere a distanza una squadriglia di idrovolanti da bombardamento verso un determinato punto e per far cadere le bombe su di un determinato bersaglio.

TABELLA XXII.

§ 116 — APPENDICE

F. e. m. e resistenza interna delle pile idroelettriche

TIPO	f. e. m. media	Resistenza interna
Bunsen	1,9	0,1 ÷ 0,3
Daniell	1,1	0,5 ÷ 1,5
Fuller	1,85	0,1 ÷ 0,5
Gassner	1.4 ÷ 1,5	0,5 ÷ 1
Grenet	2,0	0,05 ÷ 0,1
Grove	1,8	0,2 ÷ 0,5
Italiana	0,9	1 ÷ 5
Lolande	1,06	0,3 ÷ 0,5
Leclanchè	1,4	2 ÷ 6
Minotto	0,95	0,3 ÷ 1
Trouvè	2,0	0,02 ÷ 0,01

TABELLA XXIII.

Valori di B, H, μ, per diversi materiali

Ghisa grigia			Ferro forgiato		
B	H	μ	B	H	μ
1.000	1,19	840	1.000	0,34	2.940
2 000	2,56	780	2.000	0,658	3.040
3.000	4,50	666	3.000	0,985	3.040
4.000	7,03	570	4.000	1,32	3.030
5.000	10,69	470	5.000	1,68	2.980
5.500	13,60	404	6.000	2,07	2.900
6.000	17,3	347	7.000	2,50	2.800
6.500	24,0	252	8.000	3,02	2.650
7.000	34,0	206	9.000	3,64	2.470
7.500	48,5	155	10.000	4,53	2.200
8.000	64,5	124	11.000	5,77	1.900
8.500	85,5	99	12.000	7,85	1.530
9.000	102,5	88	13.000	11,25	1.155
9.500	125,7	76	14.000	17,2	814
10.000	149,5	67	14.500	23,4	620
10.500	178,0	59	15 000	37.1	404
11.000	207.0	53	15.500	59,2	262
11.500	235,0	49	16.000	81,7	196
			16.500	112,5	147
			17.000	140,0	121
			17.500	182,5	96
			18.000	216,2	83
			18.500	262,5	70,5

TABELLA XXIV.

Valori dei coefficienti di isteresi μ secondo Hopkinson

METALLO	Composizione e manipolazione	μ
Ferro	ricotto	0,00202
Ferro molto dolce		0,00200
Lamierini ferro		0,00330
Acciaio Bessemer dolce	0,045 % di C. ricotta	0,00262
» Witworth »	0,090 » di C.	0,00257
» »	0,32 » di C.	0,00598
» »	0,80 » di C.	0,00786
» » dolce	0,32 » di C. temp a olio	0,00954
» » »	0,89 » di C. temp. a olio	0,01844
» dolce per macch.		0,0080
» siliceo	3,44 % di Si forgiato	0,00937
» »	3.44 » di Si ricotto	0,00784
» »	3,44 » di Si temp. o olio	0.01242
» al manganese	4,78 » di Mn forgiato	0,05963
» »	4,78 » di Mn ricotto	0,04146
» »	8,74 » di Mn ricotto	0,08184
» »	4,73 » di Mn temp. a olio	0,06706
» al cromo	0,62 » di C_2 forgiato	0,01179
» »	1,2 » di C_2 forgiato	0.01851
» »	0.62 » di C_2 ricotto	0,00897
» fuso		0,0120
» » temperato		0,0250
Ghisa grigia	3,47 % di C. 0,17 % Mn	0,01826
» bianca	2,04 » di C. 0,39 » Mn	0,01616

TABELLA XXV.

Valori del coefficiente K, per la resistenza ohmica nella C. A.

f d^2	k	f d^2	k	f d^2	k
0	1,0000	720	1,1380	2280	2,3937
20	1,0000	980	1,4920	5120	3,0956
80	1,0001	1280	1,6778	8000	3,7940
180	1,0258	1620	1,8628	18000	5,5732
320	1,0805	2000	2,0430	32000	7 3250
500	1,1747	2420	2,2190		

CAPITOLO XXII

Turbodinamo

§ 117 – Norme generali per il funzionamento e la manutenzione delle turbine

NORME PER LA MESSA IN MOTO.

La messa in moto delle turbine deve sempre essere preceduta da riscaldamento iniziale.

In generale il tempo impiegato per riscaldare le turbine dei complessi elettrogeneratori è piuttosto breve, trattandosi di macchine di limitata potenza.

Per ogni tipo di macchina è prescritta la durata del periodo di riscaldamento necessario affinchè tutte le parti metalliche della turbina si dilatino uniformemente. Che un riscaldamento affrettato possa produrre gravi inconvenienti, emerge dalla considerazione che se un solido riscaldato non può dilatarsi, viene sollecitato da uno sforzo di compressione la cui entità corrisponde allo sforzo che sarebbe stato necessario applicare per produrre un accorciamento uguale alla quantità di cui avrebbe dovuto allungarsi.

Le istruzioni sugli apparati motori prescrivono tassativamente che il riscaldamento sia effettuato mediante circolazione di vapore attraverso l'ammissione ordinaria, evitando l'uso delle ammissioni nelle espansioni intermedie, (se il complesso ne è provvisto), poichè ciò potrebbe causare deformazioni interne per effetto di dilatazioni dissimmetriche.

Ultimato il riscaldamento con le norme stabilite, *è necessario procedere alla prova in moto della turbina*, prima di metterla sotto carico.

Qualsiasi interferenza fra le parti mobili e le fisse delle turbine, si rileva con un rumore interno caratteristico; conviene perciò durante la prova, ascoltare attentamente e rendersi conto di qualsiasi rumore onde rintracciare ogni minima irregolarità che potrebbe dar luogo a gravi inconvenienti.

Qualora nascesse qualche dubbio sul perfetto funzionamento, conviene sospendere la prova e riprendere il riscaldamento.

Se l'inconveniente riscontrato non sparisce con questo mezzo, occorre accertarsi che non vi sia trascinamento d'acqua con il vapore, che la turbina sia ben spurgata, che i giuochi assiali e radiali siano quelli normali. Se da tali verifiche nulla ancora risulta è necessario procedere allo « scoperchiamento » della turbina per visitarla internamente.

Durante *la prova di funzionamento* è necessario mantenere aperti tutti gli spurghi della turbina e quelli delle tubolature di vapore, onde evitare trascinamenti d'acqua.

Il rumore caratteristico dovuto ad acqua contenuta in turbina è costituito da *una specie di pestamento sonoro; il fenomeno è accompagnato da riduzione di velocità ed irregolarità di moto.*

L'acqua che viene trascinata dal vapore nella turbina può provocare i seguenti inconvenienti:

1°) Deformazione di qualche paletta o addirittura, se l'urto è eccezionalmente violento, rottura di qualcuna di esse con susseguente e completa avaria dell'intera palettatura.

2°) Squilibrio della « girante » (per es., nella Tosi con tamburo) per effetto della resistenza che incontrano al moto le palette che si trovano immerse nell'acqua accumulata nell'interno del tamburo.

Tale inconveniente si manifesta con maggior frequenza all'inizio del moto.

3°) Formazione di sedimenti fangosi, e talvolta salini, che oltre a *corrodere* le palette *ostruiscono* parzialmente o totalmente i passaggi fra le palette stesse, determinando così maggior consumo di vapore.

Arresto delle turbine.

Dopo l'arresto di una turbina, a qualunque tipo essa appartenga, si deve lasciare per circa mezz'ora in azione la pompa d'aria, mantenendo aperti tutti gli spurghi, onde ottenere una circolazione d'aria capace di asciugare le parti interne della turbina; è inoltre necessario mettere in comunicazione con l'aria gli spurghi della camera degli ugelli, in modo da provocare una ventilazione nell'interno della turbina, tenendo aperte le valvole di parzializzazione. Questa operazione è importantissima per attenuare le ossidazioni e le corrosioni interne.

Durante i *periodi d'inattività della turbina*, è necessario tenere sempre aperti gli spurghi, onde fare uscire l'acqua che può formarsi in seguito ad infiltrazioni di vapore attraverso valvole a tenuta non perfetta. Contro la ossidazione interna delle turbine, non si conosce ancora alcun mezzo di assoluta efficacia; anche gli intonachi a base di catrame, vengono con l'andare del tempo, distrutti dall'azione del vapore e dalle variazioni di temperatura.

LUBRIFICAZIONE DELLE TURBINE.

La lubrificazione dei cuscinetti di sostegno delle turbine e del reggispinta, viene effettuata con circolazione d'olio forzata.

Le pompe dell'olio sono generalmente del tipo ad ingranaggi; azionate dalla turbina stessa. E' *necessario* quindi avere sempre una *pompetta a mano ausiliaria* la quale serve sia ad iniziare la lubrificazione, all'atto della messa in moto, sia a prolungare la circolazione dell'olio dopo l'arresto, per evitare che si essicchino le testate dell'asse, per effetto dell'umidità dovuta al vapore dei manicotti adiacenti ai cuscinetti supporto.

L'olio, dopo avere lavorato nei cuscinetti alla temperatura di circa 40°, mai superiore ai 60°) va a raffreddarsi negli appositi refrigeranti ad acqua ed esce con una temperatura di 5° inferiore a quella di entrata.

Poichè una interruzione anche momentanea della circolazione dell'olio può dare luogo a gravissimi inconvenienti, è necessario che tutti gli organi relativi alla lubrificazione, pompe, refrigeranti e tubazioni relative, siano mantenuti in perfetta efficienza. Durante la manutenzione delle pompe ad ingranaggi non bisogna togliere mai l'incrostazione che si forma sulla periferia interna della cassa, per non diminuire il valore della pressione dell'olio (vedi figura 311).

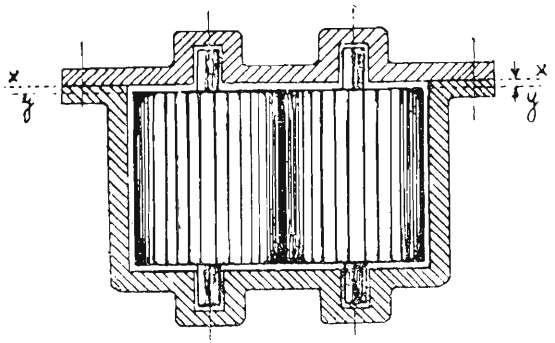


Fig. 311.

Il cattivo funzionamento di una pompa spesso è dovuto a giuoco eccessivo fra il piano delle ruote (yy) ed il coperchio (xx) della cassa che le contiene. Si rimedia in tal caso abbassando al tornio ilpiano della flangia di unione fra cassa e coperchio in modo che questi sia quasi a contatto col piano delle ruote.

Per il *controllo della lubrificazione* ogni macchina è provveduta:

a) di manometri che indicano la pressione dell'olio nella tubolatura di mandata e nei singoli cuscinetti;

b) di termometri che indicano la temperatura dell'olio all'uscita dal refrigerante e dall'uscita dai cuscinetti;

c) di spie di cristallo, o di rubinetti spia sistemati nei branchetti di scarico, allo scopo di potere sorvegliare la regolarità della circolazione.

Tutti gli apparecchi indicatori devono essere mantenuti in ottime condizioni, le spie di cristallo devono essere pulite, ed i bulbi dei termometri devono effettivamente pescare nell'olio.

Frequentemente devonsi anche aprire le porte degli involucri dei cuscinetti per *toccare* le bronzine. Inoltre si deve sorvegliare che il livello dell'olio nel serbatoio non scenda *mai* al disotto della metà del livello normale, e che non vi sia acqua nel fondo del serbatoio.

Se *il livello è basso*, si rifornisce il serbatoio sino a riempirlo per 2/3. *Se nel serbatoio si riscontra dell'acqua*, dovrà essere subito scaricata, per impedire che giunga all'altezza dell'aspiratore della pompa dell'olio e che si mescoli con esso. *Molti casi di riscaldamento dei cuscinetti reggispinta sono dovuti ad ossidazione e corrosione degli anelli dell'asse*, provocate dall'acqua trascinata con il lubrificante.

La presenza dell'acqua nel serbatoio può derivare da perdite del *raffreddatore dell'olio*; da ciò la convenienza che la circolazione d'acqua venga effettuata a pressione inferiore a quella dell'olio, per evitare, in caso di perdite dai tubi o dalle piastre tubiere, che l'acqua entri in circolazione con l'olio.

Mediante marche di riferimento poste negli indicatori di livello, riuscirà facile verificare che non vi siano *perdite d'olio nè infiltrazioni d'acqua*. Le perdite che dànno luogo a mescolanza dell'acqua con l'olio sono spesso dovute alla corrosione dei tubi del refrigerante; si prevengono tali corrosioni sistemando delle barrette di ferro dolce nelle camere di circolazione a similitudine di quanto si pratica nei condensatori.

Riscaldamento anormale dei cuscinetti.

Il riscaldamento di un cuscinetto può derivare:

1°) da eccessivo serraggio, cioè attrito eccessivo fra il metallo bianco del cuscinetto e l'asse;

2°) da interruzione o deficienza di efflusso d'olio, per cattivo funzionamento della pompa;

3°) da cattivo funzionamento del refrigerante per cui non viene sottratto calore all'olio di lubrificazione;

4°) da sostanze estranee (acqua, limatura, sporcizia, ecc.) che l'olio trascina nell'interno del cuscinetto, per cattivo funzionamento dei filtri, o che si sono formate nel cuscinetto in seguito ad ossidazioni e corrosioni.

Un riscaldamento molto forte viene rilevato da un forte odore d'olio bruciato e dallo sprigionarsi di una certa quantità di fumo. Quando ciò si verifica, si deve subito:

a) diminuire la velocità della turbina;

b) aumentare copiosamente il rifornimento dell'olio al cuscinetto e la circolazione indiretta dell'acqua;

c) allascare alquanto i perni del cappello del cuscinetto.

Questi provvedimenti *devono essere presi senza indugio*, per impedire la fusione del metallo bianco delle ralle, ed il conseguente slivellamento dell'asse, che determinerebbe, a sua volta, gravi avarie alle tenute a labirinto ed alle corone di palette.

Gli assi di alcune turbodinamo hanno, in vicinanza dei cuscinetti, un ringrosso anulare che dista non più di 1 m/m da un sopporto sottostante, con il quale il ringrosso va a contatto quando il metallo bianco si fonde.

Con ciò si eliminano le avarie al palettamento, che sono le più gravi, *ma non le avarie* degli anelli al centro del diaframma, il cui gioco supera raramente il mezzo millimetro.

Dopo aver raffreddato il cuscinetto, si dovranno cercare le cause che hanno determinato il riscaldamento, esaminando accuratamente l'impianto di lubrificazione e, se necessario, le ralle del cuscinetto.

Per impedire che sostanze estranee entrino in circolazione con l'olio, si devono mantenere in buone condizioni i filtri inseriti sulle tubolature di aspirazione e mandata delle pompe, e curare la pulizia del serbatoio dell'olio e dei raffreddatori.

Poichè l'acqua e le sostanze estranee eventualmente contenute nell'olio si depositano sul fondo del serbatoio, è consigliabile estrarre dal fondo di questo, dopo ogni periodo di funzionamento della macchina, una certa quantità d'olio per esaminarne la purezza. Il prelevamento si effettuerà qualche ora dopo l'arresto della macchina onde esser sicuri che le impurità si siano depositate. Per garantire sempre la purezza dell'olio esistono apparecchi depuratori funzionanti per forza centrifuga: questi vengono però applicati solo a macchine di grande potenza (turbine, motori a combustione, trasformatori ecc.).

In molte turbodinamo il raffreddamento dei cuscinetti viene ottenuto anche mediante circolazione d'acqua entro apposite cavità praticate nei supporti

o nelle ralle dei cuscinetti. L'acqua di raffreddamento è ordinariamente derivata da una tubolatura di bordo. Le valvole di presa e di scarico dell'acqua devono essere aperte prima della messa in moto.

VERIFICHE E MANUTENZIONI.

Nelle turbine moderne il consumo dei cuscinetti è molto limitato perciò molto raramente occorre procedere ad una nuova livellazione della linea d'asse. Tuttavia, siccome qualsiasi slivellamento di essa, anche minimo, nuoce al funzionamento della macchina, occorre periodicamente visitare i cuscinetti portanti, per controllare il consumo delle bronzine.

Ciò si può eseguire mediante un apparecchio chiamato « scandaglio a cavalletto », o anche « calibro a ponte » il quale è munito di uno spillo verticale e si può applicare tanto in corrispondenza dei cuscinetti, come negli spazi tra i manicotti e gli adiacenti supporti; con delle sonde si misura poi il giuoco fra l'estremità inferiore dello spillo e la parte superiore dell'asse. Comparando le letture ricavate con quelle precedenti, opportunamente registrate, si determina se l'asse ha subito abbassamenti.

Negli impianti nuovi si ha generalmente per l'assestamento dell'asse un consumo disuguale dei diversi cuscinetti, e limitato ad una piccola frazione di millimetro. In seguito, il consumo tende a divenire uniforme e, salvo circostanze eccezionali, sempre meno sensibile.

Nelle visite periodiche ai cuscinetti portanti, oltre a verificarne il consumo, è necessario assicurarsi che esista sempre sufficiente lasco per la circolazione dell'olio, e che questa non sia in alcun modo ostacolata.

Le turbine ben costruite e ben condotte, debbono poter funzionare molto a lungo prima di richiedere importanti lavori di riparazione o di rettifica.

I cambiamenti di palette, la rinnovazione delle corone di tenuta, la livellazione degli assi, ecc. devono essere considerate come operazioni eccezionali.

Lo scoperchiamento per la visita interna della turbina a meno di casi eccezionali, non va fatto se non a lunghi intervalli. In circostanze ordinarie esso dovrà essere volta per volta autorizzato dal Ministero, in seguito a richiesta del Comandante di bordo o di una Direzione delle Armi Navali.

I filtri di vapore e di olio devono essere visitati quanto più spesso è possibile e mantenuti in condizioni di perfetta efficienza.

La misura dei giuochi assiali del cuscinetto di spinta deve essere fatta metodicamente, in porto ed in navigazione, tanto a freddo, come a caldo. A frequenti e periodiche ispezioni vanno sottoposti i macchinari e le installazioni relative ai servizi di condensazione, le valvole d'intercettazione e di regolazione, i regolatori di velocità, gli accoppiatoi di dilatazione, nonchè i varii apparecchi di misura e controllo.

§ 118 — Turbodinamo Thompson - Houston 150 Kw.-110 V.

DESCRIZIONE SOMMARIA DEL COMPLESSO. (Fig. 312).

La turbodinamo THOMPSON HOUSTON da 150 kw. - 110 Volts - 3000 giri, comprende una dinamo A.E.G. da 150 kw. - 110 Volts - azionata da una turbina tipo CURTIS, ad azione.

La turbina è del tipo a ruote multiple e il vapore agisce con due salti di velocità e un salto di pressione sulla prima ruota, e con un salto di velocità e una di pressione sulla seconda.

Le due ruote R' ed R'' (fig. 312) sono inchiavettate sull'asse A il quale attraversa, mediante cuscinetti a labirinto e manicotti di tenuta, le due camere di vapore C ed L separate dal diaframma E. La prima ruota, sulla quale si hanno due salti di velocità, porta due ordini di palette p p'; dette palette mobili. Un terzo ordine di palette K, palette fisse, è interposto fra i primi due ed è fissato sulla carcassa. Le palette fisse hanno curvatura inversa a quelle mobili e si estendono solo per un vettore di 60° circa. Il diaframma E è attraversato, su tutta una metà della periferia, da una serie di canali Z e funziona da distributore di vapore per la seconda ruota. Questa è eguale alla prima ma ha un solo ordine di palette p''. I coperchi delle camere di vapore ed il diaframma sono solidamente connessi mediante perni passanti t t.

Esternamente al coperchio V è fissata la scatola di distribuzione a cui fa capo il tubo di mandata M del vapore. La scatola di distribuzione comprende 12 ugelli u che attraversano il coperchio V, e sboccano davanti al primo ordine di palette mobili.

Il vapore nel passare attraverso gli ugelli si espande completamente acquista perciò velocità, e va ad agire sul 1° ordine di palette p p della ruota R'. Uscendo poi dalle palette del 1° ordine entra nei canali del raddrizzatore K (palette fisse) e quindi colpisce il 2° ordine di palette mobili della ruota (ordine p' p'). Il funzionamento della ruota R' è solo ad azione inquantochè l'espansione del vapore avviene tutta negli ugelli, la pressione perciò è costante in tutta la camera C e perciò anche su tutte e due le facce della 1ª ruota.

Dalla camera C il vapore passa nella seconda camera L attraverso gli ugelli del diaframma E, praticati, come si è detto, solo su metà della periferia, e va ad agire sulle palette p'' p'' della ruota R''. Poichè l'espansione negli ugelli del distributore non è completa, il vapore continua ad espandersi attraverso le palette e perciò, la seconda ruota funziona tanto ad azione, quanto, (in piccolissima parte però), a reazione. Esiste perciò sulla faccia anteriore della seconda ruota una pressione leggermente superiore a quella esistente sull'altra faccia e quindi si ha una piccola spinta assiale della girante. Il vapore che esce dalle palette della ruota R'' è portato al condensatore del tubo T di scarico.

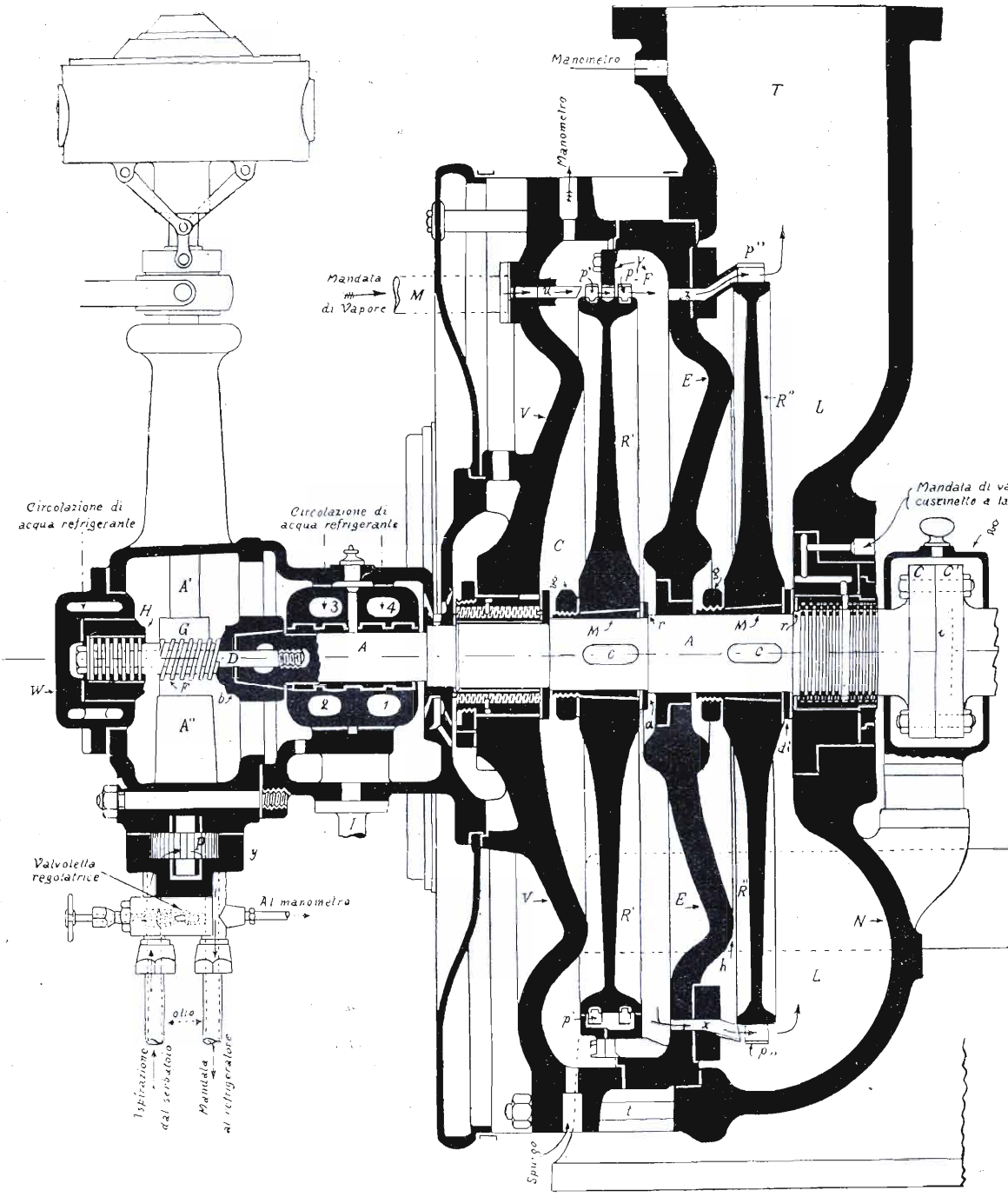


Fig. 312.

Turbodinamo Thompson - Houston

Tutta l'incastellatura della macchina è di ghisa ed è ricoperta di materiale coibente e lamierino. In corrispondenza della 1ª camera di vapore si trova una valvola di sicurezza che entra in funzione in caso di sovrapressione interna.

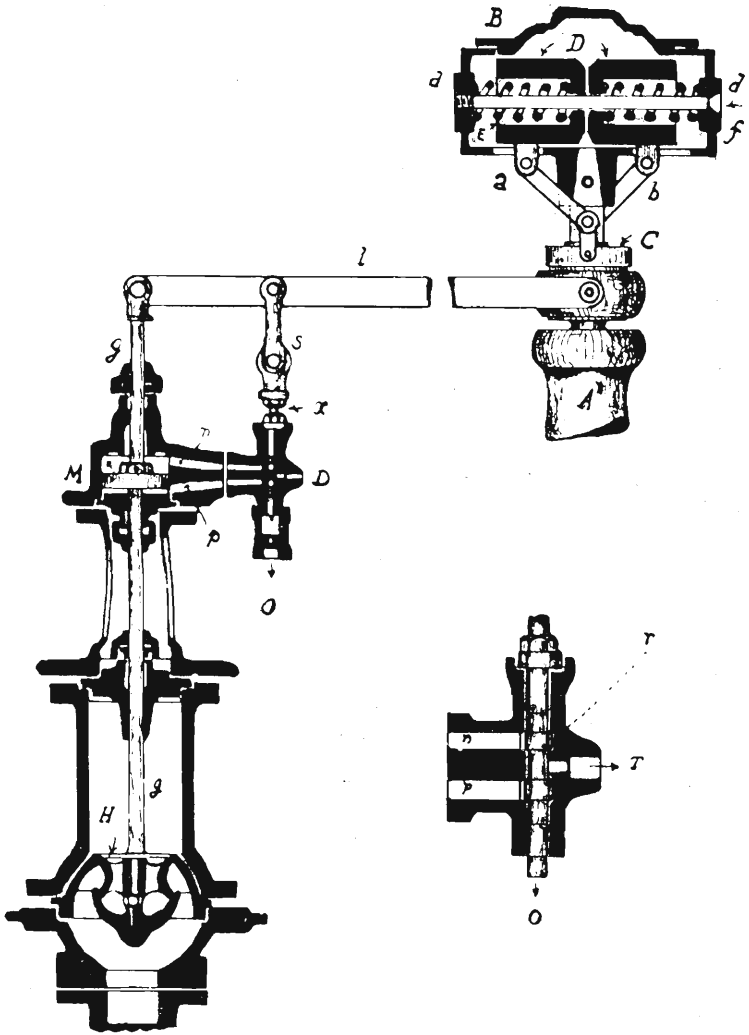


Fig. 313.

REGOLATORE DI VELOCITÀ .(Figure 312 e 313).

La velocità di regime della macchina, (3000 giri), è mantenuta costante mediante un regolatore automatico di velocità il quale comanda l'ammissione del vapore. Sul coperchio V, della turbina a dritta in basso, si trovano tre vo-

lantini, ciascuno dei quali comanda due ugelli supplementari, ciò serve per regolare l'ammissione in base al valore del carico della pressione in caldaia e del vuoto al condensatore. In condizioni normali di funzionamento (vuoti di 60 o 70 cm. di mercurio e pressione di 200-300 libbre) con i 6 ugelli supplementari chiusi, la regolazione avviene automaticamente, per qualsiasi carico fra zero ed il massimo. In caso invece di sopraccarico della macchina, o di deficienza di pressione o di vuoto, occorre aprire a seconda del bisogno 2, 4 o 6 ugelli supplementari.

Il regolatore di velocità trovasi all'estremità superiore dell'asse A' (fig. 312) che riceve mediante ingranaggio, il movimento dell'asse principale A della macchina.

Dentro la scatola cilindrica B (fig. 313) la quale ruota con l'asse A' vi sono due masse di acciaio DD, che possono spostarsi orizzontalmente.

La forza centrifuga, dovuta alla rotazione di tutto il sistema tende ad allontanare fra loro le masse, mentre le due molle a spirale EE tendono ad avvicinarle. L'asse f, a cui sono avvitati i due dadi, dd, serve sia come guida alle masse sia per regolare la tensione delle molle. Le due leve ad angolo *a*, *b*, sono imperniate da una parte sulle masse, da cui vengono azionate e dall'altra sul manicotto C infilato sull'asse A. La leva *l* è unita a snodo da una parte al collare C, dall'altra alla valvola H.

Questa valvola, interposta sul tubo di mandata del vapore, tra la valvola di ammissione e la turbina, è a doppio seggio e perfettamente equilibrata, di modo che per manovrarla occorre esercitare solo lo sforzo necessario per vincere il suo peso. Per quanto ridotto, questo sforzo non viene compiuto direttamente dalle leve azionate dalle masse rotanti, ma mediante un servomotore.

Sull'asta della valvola è fissato lo stantuffo K il quale scorre a dolce attrito nella camera cilindrica di ghisa M, cui fanno capo i due tubicini *n p* provenienti dal servomotore D.

Il servomotore D contiene la valvoletta *r* che è collocata alla leva a snodo *l* mediante la bielletta S. La valvoletta scorre a dolce attrito nel cilindro del servomotore, è cava internamente ed è solcata all'esterno da tre scanalature di cui le due estreme sono in comunicazione con l'interno della valvoletta.

L'olio sotto pressione, che serve per il funzionamento del servomotore, giunge al cilindretto per il tubicino T e si scarica per il tubicino O.

Quando la turbina è in moto a velocità normale, (3000 giri), la valvoletta *r* del servomotore si trova nella posizione mediana, cioè i due tubicini *n*, *p*, che vanno allo stantuffo K, sono ambedue chiusi dai ringrossi della valvoletta.

Se la velocità aumenta, aumenta anche la forza centrifuga che agisce sulle due masse D D che perciò si allontanano vincendo l'azione delle molle E E, sollevano il collare C ed insieme la leva *l*. Questa a sua volta solleva la val-

voletta *r* del servomotore, che scopre la luce dei tubicini *n* e *p*. L'olio sotto pressione proveniente dal tubo T, passa per la scanalatura centrale nel tubicino *n*, giunge nella parte superiore della camera M ed obbliga lo stantuffo K a scendere; l'olio che trovasi al disotto dello stantuffo, per il tubo *p* e per la scanalatura inferiore si scarica nell'interno della valvoletta del servomotore e per il tubo O ritorna al serbatoio.

Assieme allo stantuffo si abbassa la valvola H, ad esso collegata, diminuisce quindi l'ammissione di vapore e la turbina rallenta; con ciò le masse del regolatore si avvicinano nuovamente, attratte dalle molle, e quindi la leva *l* si abbassa anch'essa per modo che quando i giri raggiungono nuovamente il valore normale, la valvoletta del servomotore viene nuovamente a trovarsi nella posizione per cui la luce di ammissione ai tubicini *n p* è ostruita. Se viceversa la macchina rallenta le due masse si avvicinano, il collare e la leva L si abbassano, e con essi la valvoletta *r*. L'olio allora va a sboccare nella camera dello stantuffo K al di sotto di esso determinando il sollevamento della valvola H e quindi un aumento della velocità fino a che il regolatore non abbia riportato la valvola *r* nella posizione normale.

In genere durante il funzionamento la valvoletta *r* è in continua oscillazione intorno alla posizione normale anche quando la velocità è costante. Tali piccole e rapide oscillazioni fanno sì che il regolatore sia più pronto ad entrare in funzione.

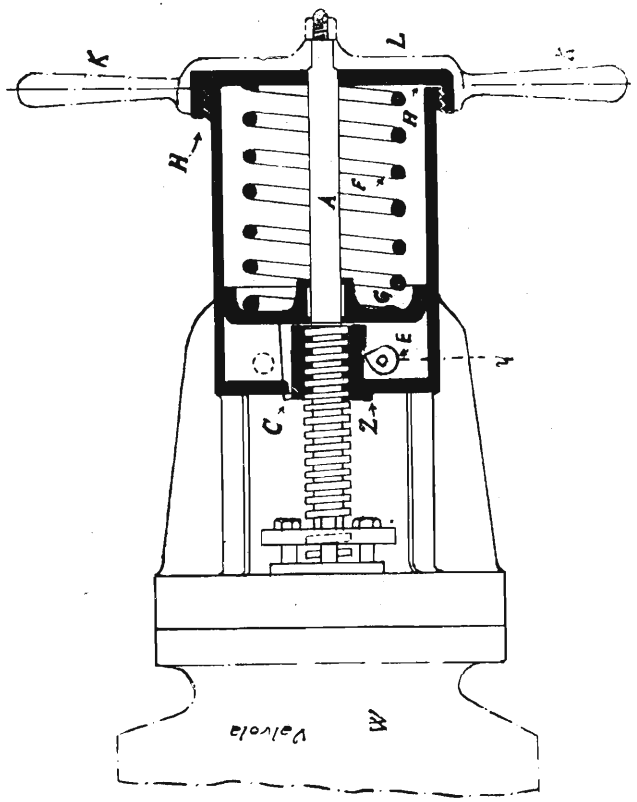
La regolazione della velocità ad un determinato numero di giri si compie per tentativi regolando la posizione della valvoletta del servomotore mediante i due dadi x x; e quella delle masse mediante i dadi d d.

CONGEGNO DI SICUREZZA. (Figg. 314-315-316-317-318).

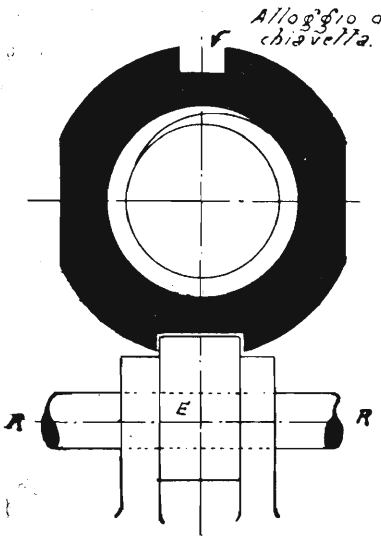
La macchina è munita di un congegno di sicurezza il quale intercetta l'ammissione di vapore se la velocità oltrepassa un determinato limite (di solito l'apparecchio di sicurezze è regolato per entrare in funzione quando il numero di giri aumenta oltre il 10 % del valore normale). Se la velocità diventasse troppo elevata, il materiale potrebbe venir sollecitato per forza centrifuga oltre il carico di rottura determinando quello che viene chiamato « lo scoppio della macchina ».

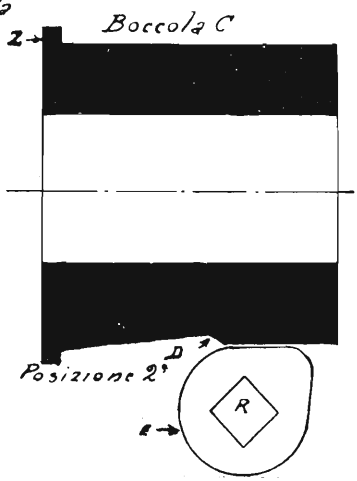
La valvola di ammissione è una comune valvola conica (W), l'asta A è ad essa collegata, come indicato in fig. 318, in modo che i movimenti di rotazione dell'asta non provocano movimenti di rotazione della valvola nel suo seggio.

L'asta è in parte filettata (fig. 314) e si avvita alla boccola C che può scorrere, ma non ruotare nel suo alloggio perchè guidata.



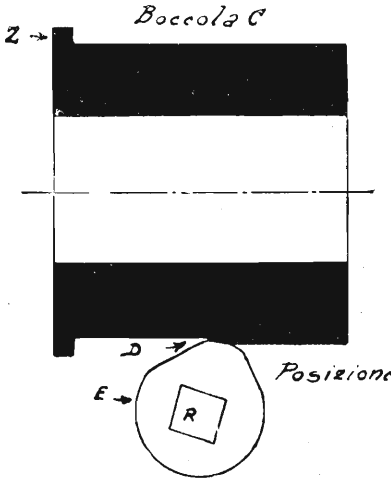
AL VERO Fig. 314.





Posizione del nottolino al momento dello scatto (così la valvola è chiusa)

Fig. 315.



Posizione del nottolino prima dello scatto (così la valvola è aperta)

Il labbro Z limita lo spostamento della boccola nel senso verso destra della figura (senso per armare il congegno).

La boccola ha esternamente un incavo dentro cui va a fare testa un nottolino E di speciale profilo (fig. 315).

La boccola C è spinta verso sinistra dalla molla F che perciò chiude la valvola quando il nottolino E non è impegnato nell'incavo D.

Il nottolino funziona come un grilletto, che trattiene la boccola C, a secondo della sua posizione.

La scatola in cui è contenuta la molla è chiusa dal coperchio H avvitato e fermato da una vite di sicurezza e la valvola è manovrata mediante due manubri K K fissati al piatto L unito con un dado all'asta A.

Il nottolino infilato sull'asse R R è normalmente trattenuto nella posizione 1ª (fig. 315) dell'incavo D, mentre una molla d'acciaio M a cartoccio (fig. 317) tenderebbe a farlo ruotare nel senso delle frecce e a fare scattare quindi il congegno.

All'altra estremità dell'asse R R fa capo un gioco di leve manovrato da un nottolino P situato sull'asse della turbina e trattenuto nel suo alloggio dalla molla M (fig. 316).

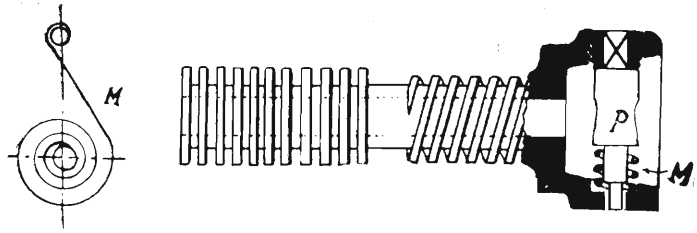


Fig. 316.

La tensione della molla M si regola in modo che quando la macchina ha raggiunto il limite di velocità che non si vuole oltrepassare (3300 giri), la forza centrifuga che agisce sul nottolino P riesca a spingere il nottolino P fuori del suo alloggio. L'uscita del nottolino P mediante una leva ad angolo fissata sull'incastellatura della turbodinamo provoca il movimento del gioco di leve, che comanda il nottolino E il quale assume la posizione 2 (fig. 315) determinando lo scatto della molla F e la chiusura della valvola.

La valvola si dice armata quando la boccola C è in fine corsa verso destra, il nottolino E impegnato nell'incavo D e quindi la molla F compressa.

In queste condizioni, girando il manubrio K in un senso o nell'altro, poichè la boccola O non può spostarsi nè verso destra, perchè già in fine corsa, nè verso sinistra perchè trattenuta dal nottolino, sarà l'asta dalla valvola che

dovrà spostarsi avvitandosi o svitandosi nella boccola. La valvola perciò funzionerà come una normale valvola d'ammissione e perciò sarà aperta girando il manubrio a sinistra e chiusa girandolo verso destra.

Quando per un eccesso di velocità si ha nella maniera innanzi detta la rotazione del nottolino E che lascia libera la boccola, questa viene spinta dalla molla F e trascina con sè l'asta della valvola in essa avvitata. Per armare nuovamente la valvola dopo lo scatto si fa ruotare il manubrio K nel senso di avvitare, cioè nello stesso senso che per chiudere la valvola, ma poichè questa fa già testa contro il seggio e non può perciò andare avanti sarà la boccola C ad andare indietro per effetto della filettatura. Si farà retrocedere la boccola fino a portarla nuovamente in fine corsa cioè fino a che non rimane nuovamente trattenuta dal grilletto E.

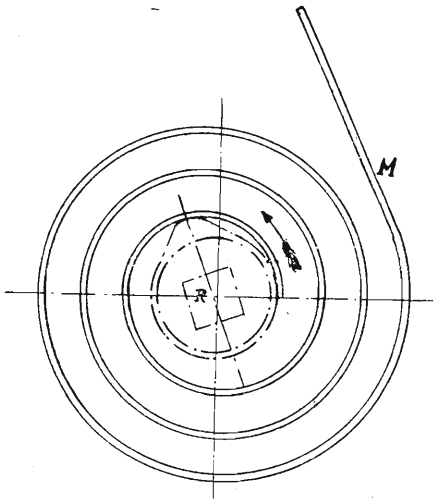


Fig. 317
Azione della molla del nottolino secondo la freccia

Un apposito bottone, nell'incastellatura della macchina, permette di azionare a mano le leve che comandano lo scatto della valvola: ciò serve sia per provare il funzionamento della valvola sia per intercettare il vapore alla macchina istantaneamente e quando si voglia.

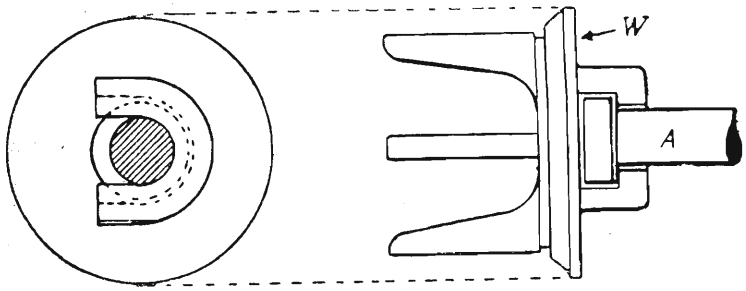


Fig. 318.

LINEA D'ASSE.

La linea d'asse dell'intero complesso è sostenuta agli estremi ed al centro mediante tre supporti. L'asse della turbina è unito a quello della dinamo mediante un accoppiatoio *g* (fig. 312).

Il supporto centrale è situato dalla parte della dinamo rispetto all'accoppiatoio.

Poichè, come si è visto, la seconda ruota del rotore è anche parzialmente a reazione il vapore provoca una spinta assiale nella macchina che deve essere sostenuta da un reggispinta: questo è situato (fig. 312) sull'estremità posteriore dell'asse.

I supporti sono costituiti da due mezzi cuscinetti d'acciaio ricoperti di metallo bianco nelle parti a contatto con l'asse (v. fig. 321), nel mezzo cuscinetto superiore però, il metallo bianco non è tutto a contatto con l'asse, ma lo tocca solo ai lati. L'olio per la lubrificazione sbocca nel mezzo cuscinetto inferiore attraverso un foro in esso praticato, circonda l'asse ed esce da un altro foro praticato in quello superiore. Apposite scanalature nel metallo bianco permettono la lubrificazione uniforme dell'asse e fanno sì che l'attrito non si eserciti direttamente fra l'asse ed il metallo bianco, ma mediante l'interposizione di un velo d'olio. I due cuscinetti sono cavi nell'interno come si vede in fig. 312 e fig. 321 per permettere la circolazione dell'acqua di raffreddamento.

Il *giunto* per il collegamento dell'asse della turbina a quello della dinamo (fig. 312) è ricavato mediante due dischi G G, con cui terminano gli assi da accoppiare. Quello portato dall'asse della turbina ha una scanalatura diametrale entro cui alloggia il risalto diametrale portato da quello con cui termina l'asse della dinamo. I due dischi sono stretti con perni e dadi.

Il giunto è racchiuso in una scatola di ghisa.

L'asse vero e proprio della turbina termina al cuscinetto di sostegno posteriore dal quale sporge appena (fig. 312) su di esso, mediante un giunto conico *b*, tenuto a posto dall'asticella filettata D e del dado *d*, è calettato un altro asse in prolungamento, che porta il reggispinta e l'ingranaggio che aziona l'asse del regolatore di velocità e della pompa d'olio.

Nel giunto alloggia inoltre il nottolino P (fig. 316) facente parte del congegno di sicurezza a scatto automatico.

Il reggispinta è costituito da una serie di risalti circolari, portati dal prolungamento dell'asse, i quali alloggiano dentro altrettante scanalature del manicotto H di bronzo.

Il reggispinta è sostenuto dal supporto K dentro il quale circola l'acqua di refrigeramento. Tanto il reggispinta quanto la vite senza fine F sono lubrificati dall'olio di scarico del servomotore del regolatore di velocità.

Lungo la linea d'asse si trovano ancora due *cuscinetti a labirinto*, uno all'entrata l'altro all'uscita dell'asse della turbina. Essi sono costituiti da anelli di carbone situati entro apposite scanalature e servono per la tenuta dei passaggi dell'asse. Quello posteriore cioè, impedisce che il vapore che si trova a pressione nella prima camera esca attraverso il passaggio dell'asse. Lo scopo è ottenuto mediante la laminazione del vapore attraverso gli anelli di carbone.

Quello anteriore invece serve ad impedire che l'aria dall'esterno entri nello scarico in cui esiste il vuoto del condensatore. In questo cuscinetto si fa circolare un filo di vapore che si scarica all'esterno e che impedisce l'entrata dell'aria.

La registrazione della linea d'asse viene eseguita dai montatori della casa costruttrice o da chi effettua l'installazione a bordo. E' necessario però controllare spesso che non vi siano stati spostamenti. Questi possono consistere o in abbassamenti della linea d'asse o in spostamenti longitudinali. Eventuali abbassamenti vengono rilevati con i metodi già esposti nelle generalità al paragrafo 117. Per la verifica degli spostamenti assiali esistono cinque calibri appositamente costruiti (figg. 319-320) e cioè:

1) Calibro A
2) Calibro B minimo
3) Calibro B massimo
4) Calibro C minimo
5) Calibro C massimo.

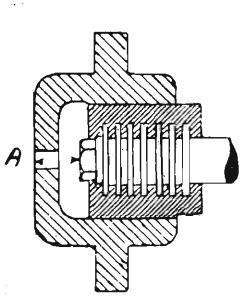


Fig. 319.

Supporto a pettine

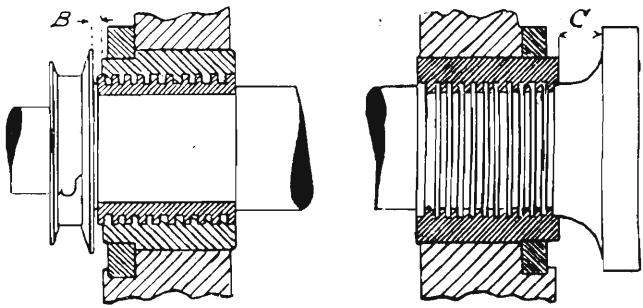


Fig. 320.

Cuscinetto a labirinto anteriore

Con macchina fredda:

1°) Il calibro A deve corrispondere esattamente allo spazio tra l'estremità dell'asse e l'estremità del sostegno del reggispinta.

2°) Il calibro B minimo, deve avere un giuoco di circa 1 mm.; nello spazio tra il collare del cuscinetto a labirinto e l'anello di difesa per l'olio S del cuscinetto dell'asse; il calibro B massimo non deve entrare in detto spazio.

3°) Il calibro C minimo deve avere un giuoco di circa 3/10 di mm. fra il collare del cuscinetto a labirinto e l'accoppiatoio. Nel medesimo spazio non deve entrare il calibro C massimo.

La medesima verifica si può fare a caldo mantenendo nella conduttura di scarico le condizioni di vuoto ed allora bisogna che:

il calibro A corrisponda esattamente
il calibro B minimo abbia un giuoco di 2/10 di mm.
il calibro B massimo non entri
il calibro C minimo abbia un po' di giuoco
il calibro C massimo corrisponda esattamente.

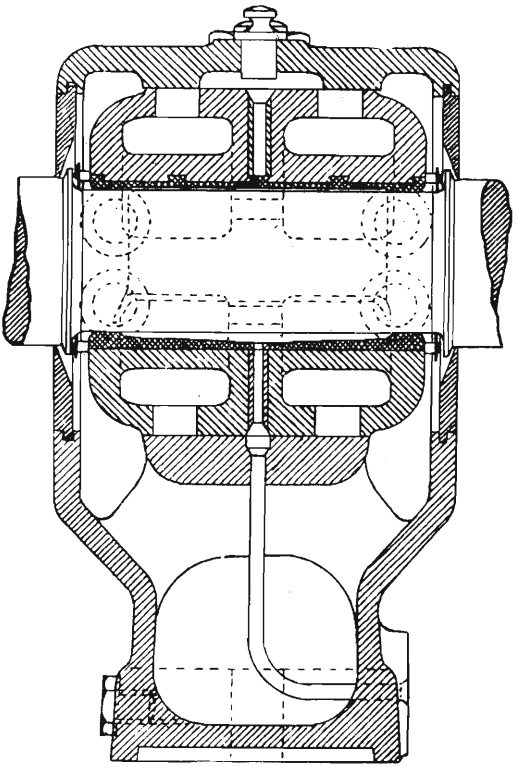


Fig. 321.

Dopo un montamento, alla verifica a freddo deve sempre farsi seguire quella a caldo, che viene effettuata dopo un funzionamento a pieno carico di alcune ore.

LUBRIFICAZIONE.

Come già si è detto la circolazione d'olio per la lubrificazione è ottenuta mediante una pompa azionata dallo stesso asse del regolatore di velocità. Tale pompa è del tipo ad ingranaggi costituita cioè da due ruote dentate, di eguali dimensioni che ingranano fra di loro e che vengono poste in rapida rotazione.

Il ciclo compiuto dall'olio è il seguente: la pompa aspira l'olio dal serbatoio mediante il tubo *c* (fig. 322) e lo invia al refrigerante attraverso quello *d*. Dal refrigeratore mediante le tre diramazioni *l m n* l'olio va a lubrificare i tre cuscinetti del complesso e torna al serbatoio.

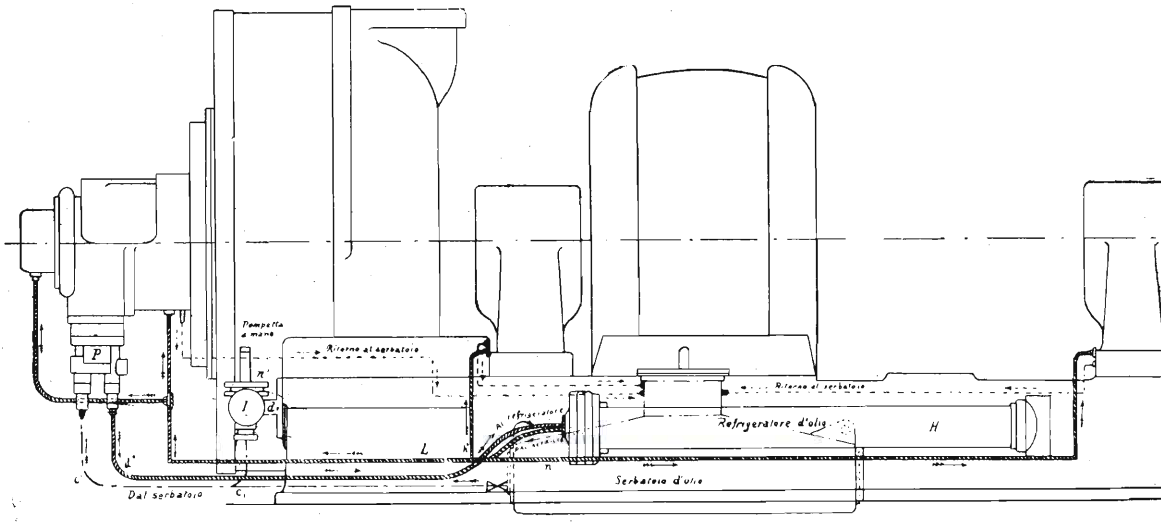


Fig. 322.

Schema della circolazione dell'olio

Il servomotore del regolatore è alimentato direttamente dalla pompetta e scarica al disopra della vite senza fine F, che risulta così continuamente lubrificata.

Il refrigeratore d'olio è costituito da un recipiente cilindrico nel quale è situata una serpentina in cui passa l'olio sotto pressione proveniente dalla pompa. La serpentina è circondata dall'acqua di raffreddamento che fluisce continuamente nel recipiente dal basso in alto.

Il serbatoio porta alla bocca una reticella che serve a filtrare l'olio ed a trattenere le impurità ed è munito in basso di rubinetto di scarico.

La pompetta a mano I posta nella parte anteriore della turbina serve ad avviare la circolazione d'olio nei cuscinetti prima di mettere in moto il complesso.

Essa ha la presa sul tubo *c* (fig. 322) e la mandata, su tubo *d*.

La valvola di intercettazione *n*, sul tubo *d* serve ad escludere la pompa a mano quando la turbina è in moto. Tre manometri indicano in ogni istante

la pressione dell'olio. Il primo segna la pressione dell'olio alla pompetta, il secondo è inserito sul tubicino che porta l'olio al servomotore del regolatore di velocità, il terzo sul tubicino che va ai tre cuscinetti.

Per regolare la pressione dell'olio si apre più o meno la luce di un rubinetto situato sul tubo che collega la pompa del serbatoio. In tale modo si porta il primo manometro a segnare una pressione di 30-40 libbre; indi si regolano le valvole delle due diramazioni in modo da ottenere in esse una pressione di 30-40 libbre.

REFRIGERAZIONE (fig. 323).

I cuscinetti, la carcassa della dinamo ed il refrigeratore d'olio sono mantenuti freddi mediante una circolazione di acqua salata. La presa d'acqua, munita di valvola di intercettazione, trovasi sotto la turbina. Partono da essa

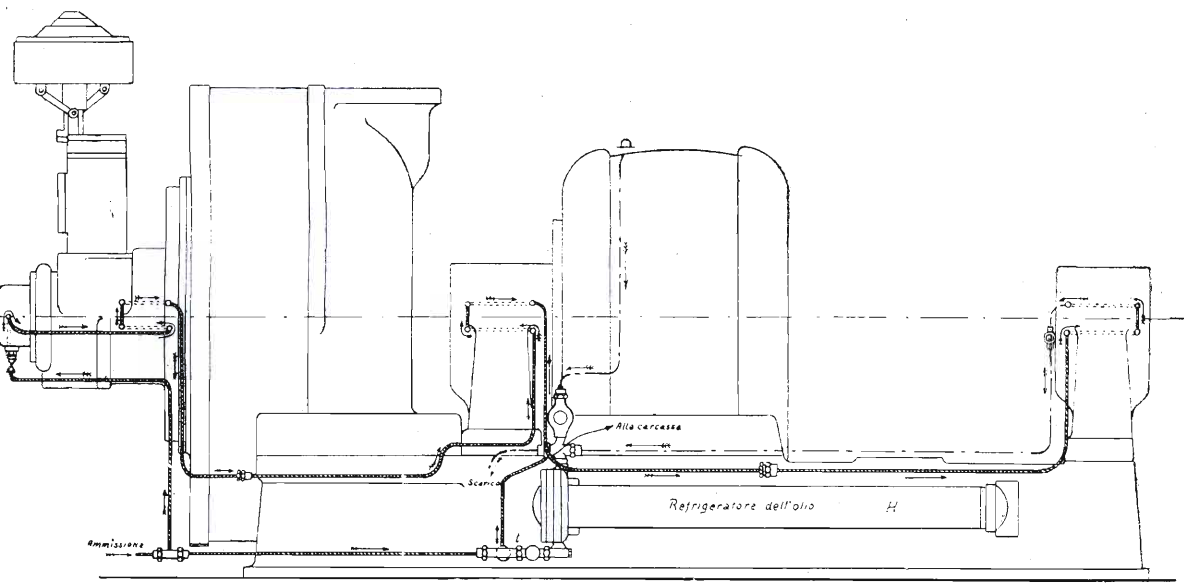


Fig. 323.

Schema della circolazione dell'acqua di refrigeramento

tre diramazioni: una, che porta l'acqua nei cuscinetti, un'altra munita di valvola di intercettazione che raffredda la carcassa della dinamo, ed una terza che porta l'acqua al refrigeritare d'olio. Gli scarichi delle tre diramazioni si riuniscono in un solo tubo.

Affinchè la circolazione d'acqua sia sufficiente a contenere le sovrelevazioni di temperatura nei limiti voluti occorre che la portata sia da 15 a 20 litri al minuto quando la temperatura dell'ambiente è inferiore a 15° centigradi, da 25 a 35 litri quando è superiore a 15° centigradi.

La circolazione d'acqua è dovuta o ad un'apposita pompa (turbinetta o cavallino) o è derivata da una tubolatura di bordo per acqua salata (P. es. tubolatura « d'incendio »).

PARTE ELETTRICA DEL COMPLESSO ELETTROGENERATORE THOMSON HOUSTON DA 150 Kw. - 110 V. (Vedi figg. 324 e 325).

Per la descrizione della parte elettrica della macchina (fig. 325), vedi il « MANUALE DELL'ELETTRICISTA », paragrafo 100, pag. 268 — oppure le « ISTRUZIONI PER I TORPEDINIERI ». Complesso elettrog. a turbina da 150 Kw.

MESSA IN MOTO DEL COMPLESSO.

Per mettere in moto la turbina:

1°) Mettere in moto la turbinetta od il cavallino per la circolazione dell'acqua ed aprire la valvola di mandata e di scarico dell'acqua.

2°) Dar vapore ai labirinti.

3°) Far spurgare le camere della turbina per scaricare l'acqua di condensazione.

4°) Manovrare a mano la pompetta d'olio.

5°) Aprire la valvola di scarico al condensatore che deve essere già in funzione.

6°) Aprire la valvola di ammissione, finchè nella turbina la pressione non raggiunga il valore di 50 libbre circa. In tale modo la macchina si riscalda, e quando è calda si mette in moto da sè. Quando si vede funzionare la leva del regolatore di velocità, aprire tutta la valvola di ammissione.

7°) Chiudere i rubinetti di spurgo.

Per eccitare e mettere sotto carico la dinamo:

1°) Mettere il commutatore d'eccitazione nella dovuta posizione (con eccitatrice).

2°) Escludere tutto il reostato di campo della dinamo (volantino grande).

3°) Includere il reostato d'eccitazione (volantino piccolo).

4°) Chiudere l'interruttore a coltelli d'eccitazione.

5°) Manovrare il volantino dell'eccitazine fino ad avere al voltometro della dinamo di 110 volt.

6°) Attaccare gli interruttori dei vari circuiti da alimentare.

Per arrestare il complesso:

1°) Ridurre gradualmente il carico, indi aprire gli interruttori a massima della dinamo.

2°) Mettere i reostati della dinamo principale e della eccitatrice nella posizione di « tutto incluso ».

3°) Aprire l'interruttore a coltello dell'eccitatrice e mettere il commutatore della eccitazione nella posizione di « circuito interrotto ».

4°) Intercettare il vapore alla turbina.

5°) Togliere vapore ai labirinti.

6°) Aprire gli spurghi.

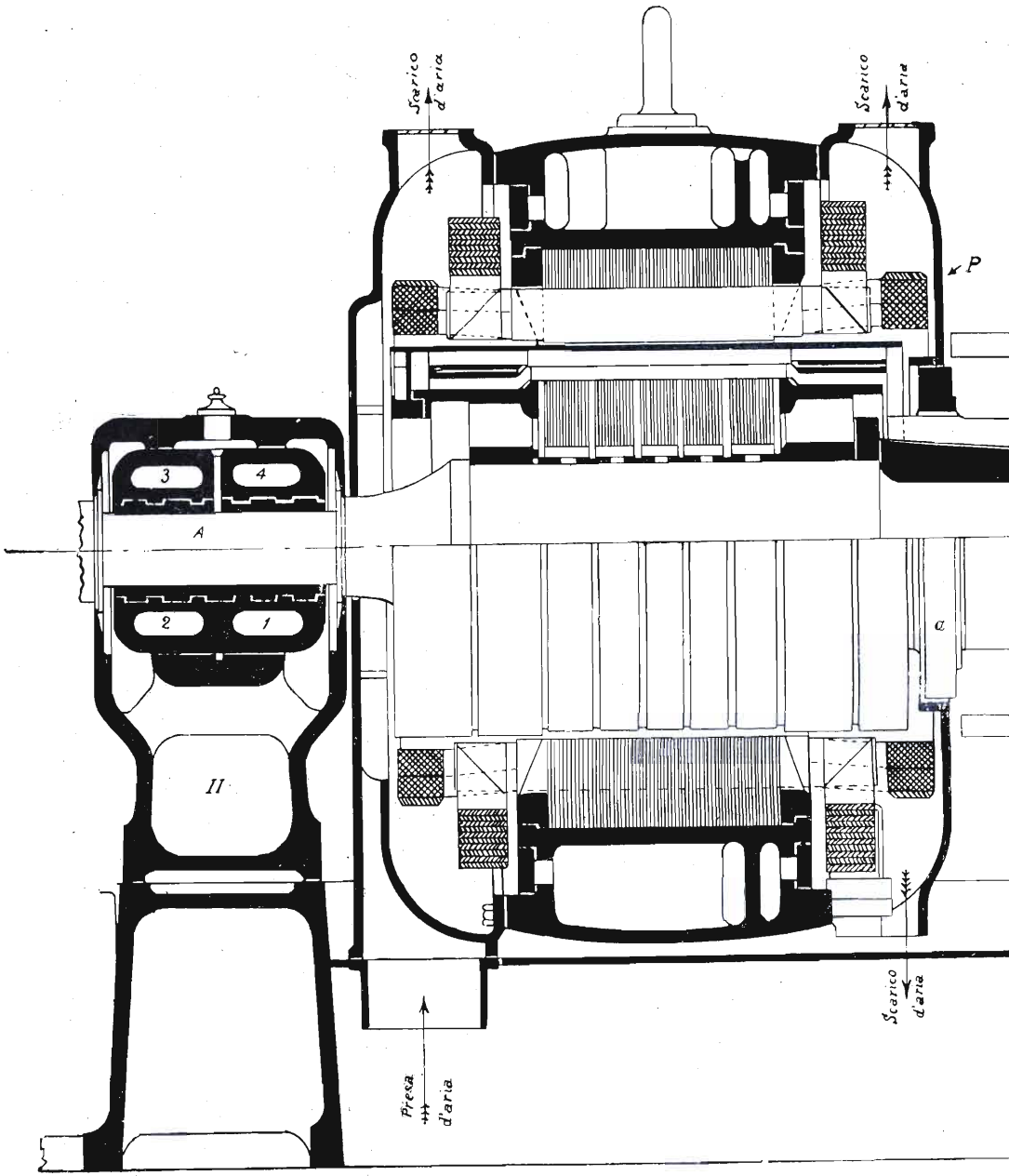
NORME PER IL FUNZIONAMENTO.

Durante il funzionamento occorre sorvegliare, dalle indicazioni del manometro che la circolazione dell'acqua di raffreddamento, sia sempre efficiente. Se l'acqua viene a mancare è necessario arrestare immediatamente il complesso perchè anche un breve funzionamento senza refrigerazione basta a deteriorare i cuscinetti.

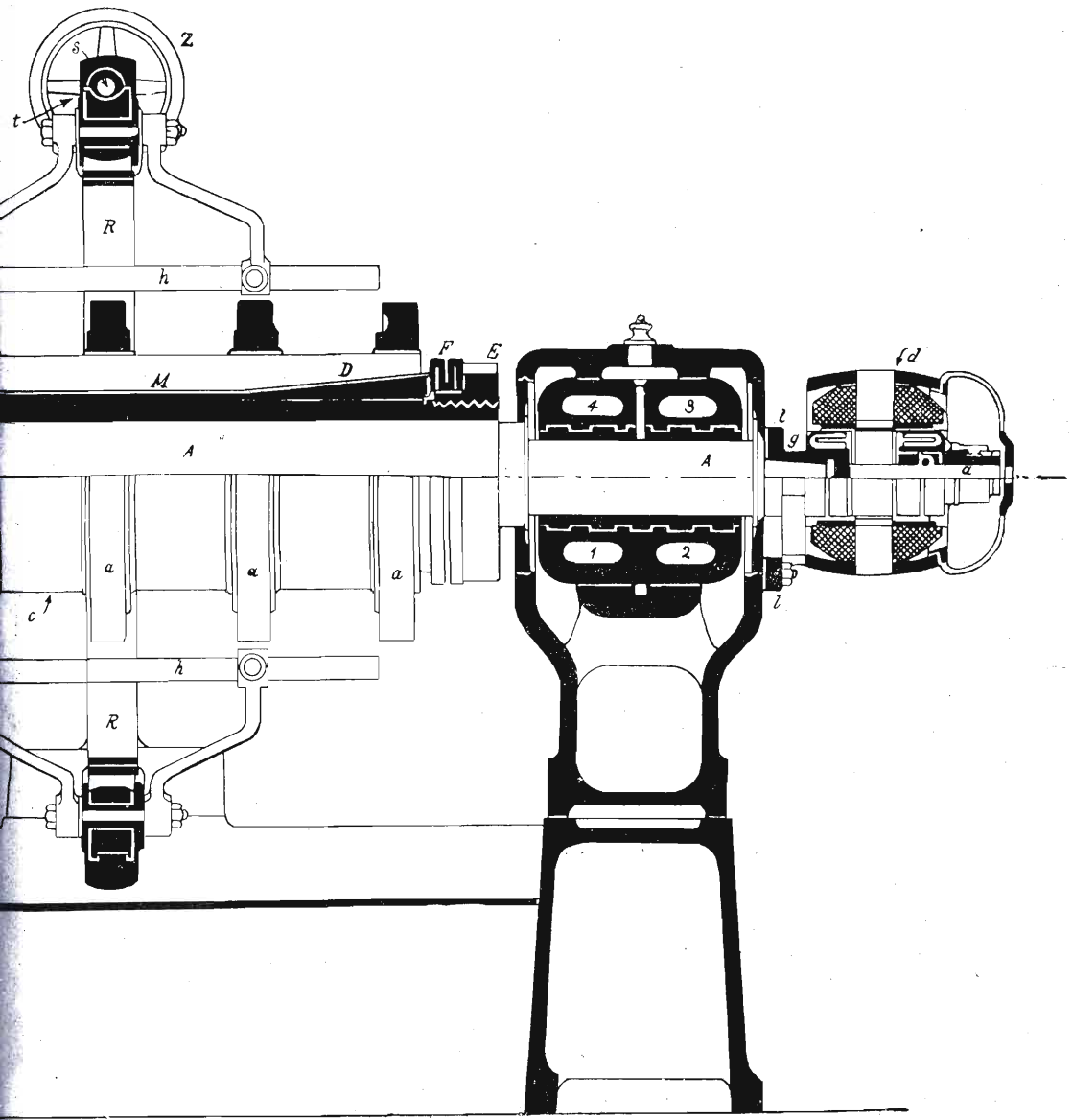
Assidua sorveglianza richiede anche la circolazione d'olio. Il buon andamento della circolazione viene controllato sia mediante l'indicazione dei manometri sia mediante gli appositi rubinetti situati in alcuni punti della tubolatura ed ancora dal regolare fluire dell'olio all'uscita dai cuscinetti, visibile quando si alzano i coperchietti dei cuscinetti stessi oppure al filtro del serbatoio.

L'olio va cambiato completamente ogni 6 mesi. Durante il funzionamento si deve abbastanza frequentemente prelevare dal serbatoio una certa quantità d'olio (circa mezzo litro) e sostituirlo con altrettanto olio nuovo.

Sui cuscinetti, è praticato un foro nel quale si introduce un termometro il cui bulbo va a pescare nell'olio; la temperatura normale non deve oltrepassare i 55°. Se si verifica una sopraelevazione anormale, vuol dire che o la circolazione dell'acqua o quella dell'olio non funzionano regolarmente.



Complesso Thomso



24

n da 150 KW. 110 V.

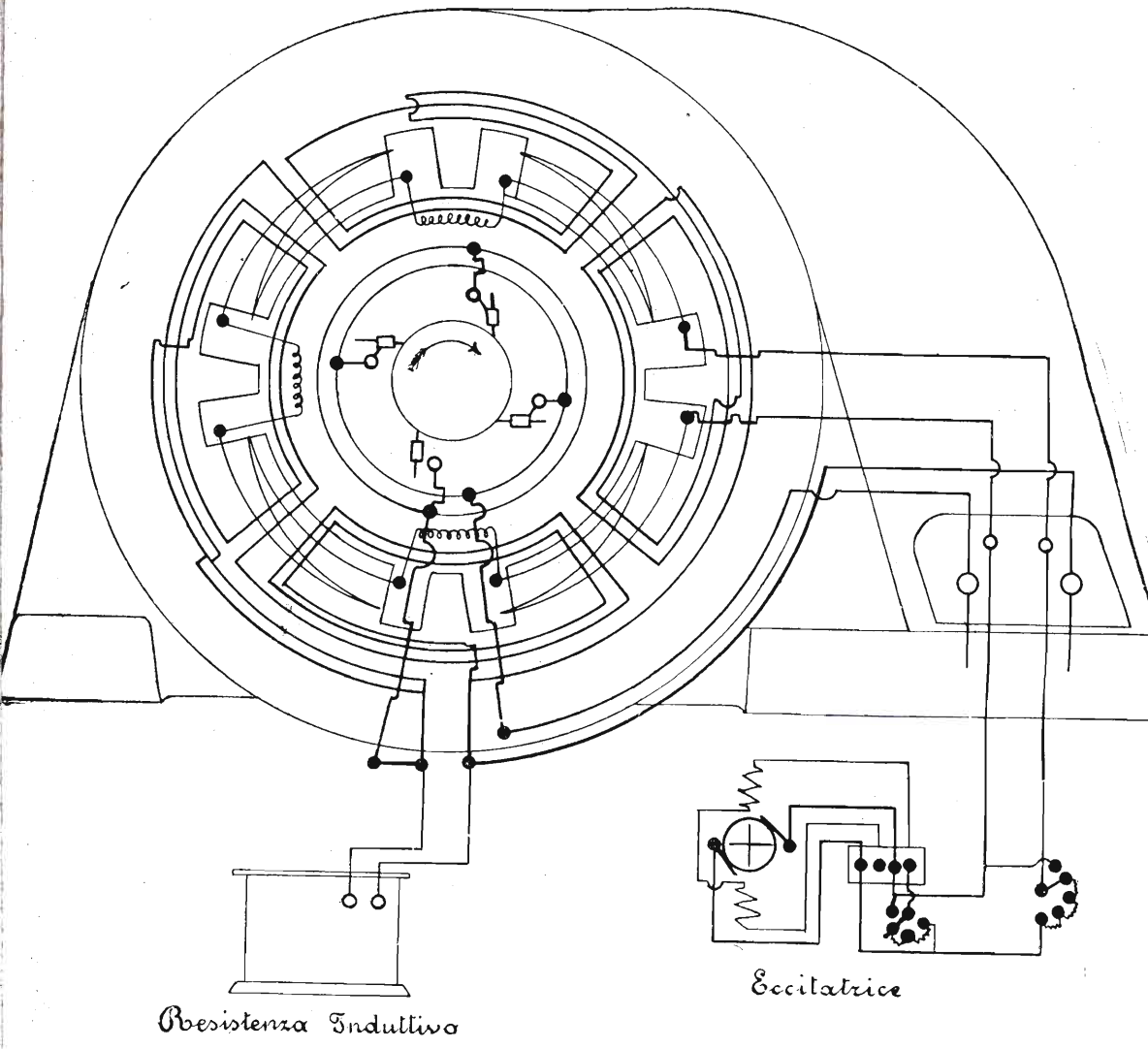


Fig. 325.

Schema degli avvolgimenti della turbodinamo
A.E.G. Thomson - Houston di 510 Kw - 110 volt 3.000 giri

Nell'arrestare la macchina è opportuno, servirsi spesso dello scatto a mano del congegno di sicurezza, allo scopo di provarne il funzionamento. Una volta all'anno è necessario far funzionare il congegno di sicurezza facendo assumere alla macchina una velocità superiore alla normale e controllando che lo scatto avvenga alla velocità per cui è stato regolato.

Per quanto riguarda la dinamo, durante il funzionamento si curerà:

a) Che la tensione sia costante (110 V).

Sbalzi continui di tensione che non siano dovuti a brusche variazioni di carico, sono generalmente da attribuirsi a cattivo funzionamento del regolatore di velocità della turbina. Le proiezioni di acqua nella turbina provocano anch'esse un abbassamento di tensione dovuta al rallentamento della macchina. Nel correggere le variazioni di tensione dovute a variazioni di carico occorre manovrare con prudenza il reostato di campo: aumenti di tensione anche di breve durata, fanno diminuire la vita delle lampade.

La variazione dell'intensità luminosa delle lampade del quadro costituisce un'indicazione degli sbalzi di tensione e richiama prontamente l'attenzione del personale di guardia.

b) Si osserverà che il carico non oltrepassi il massimo tollerato dalla macchina eseguendo, quando necessario, le riduzioni di carico stabilite dalle disposizioni interne che disciplinano il servizio elettrico di ciascuna nave. In base a tali norme il personale di guardia deve conoscere anche approssimativamente il carico richiesto nelle varie ore del giorno e giudicare quindi, dalle indicazioni dell'amperometro, se vi sono anormalità nel servizio.

c) Bisogna sorvegliare il collettore. Le cause che producono lo scintillio del collettore sono molte, è perciò difficile dare delle indicazioni sicure.

In genere:

1°) Il cattivo contatto delle spazzole produce uno scintillio solo sotto le spazzole che fanno cattivo contatto: qualche volta si ha l'incandescenza dei carboni.

2°) Si verifica uno scintillio leggero, ma continuo se le spazzole non sono esattamente sulla linea neutra, o se la distanza fra le spazzole non è uguale in seguito a spostamento di una o più file, oppure ancora se la mica sporge fra le piastrine del collettore.

3°) Si verifica uno scintillio continuo ed intenso se qualche spira dell'indotto è interrotta o fa cattivo contatto con le piastrine del collettore, oppure anche se la macchina ha un forte sovraccarico.

4°) Scintille bianche sotto una spazzola si possono avere se una spazzola è difettosa e contiene del rame incorporato nel carbone.

5°) Se qualche spira d'indotto è avariata o se il collettore è molto sporco si avrà un anello di fuoco continuo intorno al collettore.

Svariatissime altre cause di scintillio esistono oltre quelle elencate. In ogni caso lo scintillio deve sempre essere eliminato perchè deteriora e riscalda eccessivamente il collettore.

Il collettore deve essere frequentemente pulito durante il funzionamento con tela asciutta, e lubrificato solo con l'apposita pasta.

Una pressione eccessiva delle spazzole riscalda il collettore e perciò deve essere evitata.

d) Un'avvertenza molto importante è quella di non provocare mai durante il funzionamento il sollevamento di una delle spazzole dell'eccitatrice dall'indotto (ciò potrebbe per esempio accadere per distrazione mentre si lubrifica il collettore).

Alzando la spazzola, si viene ad interrompere il circuito dell'eccitatrice, provocando una corrente di apertura che può raggiungere un valore tale da invertire la polarità della turbodinamo.

Infatti, consideriamo lo schema dell'eccitatrice (fig. 326): sia i l'avvolgimento induttore dell'eccitatrice, I l'avvolgimento induttore della dinamo.

Supponiamo che la corrente vada inizialmente da A in B, passando per i due circuiti i ed I; (fig. 326) interrompendo la corrente ad una spazzola, per esempio alla positiva (fig. 327), vengono lanciate nei due circuiti i ed I due

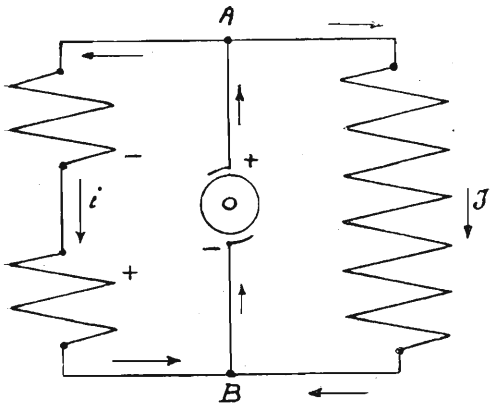


Fig. 326.

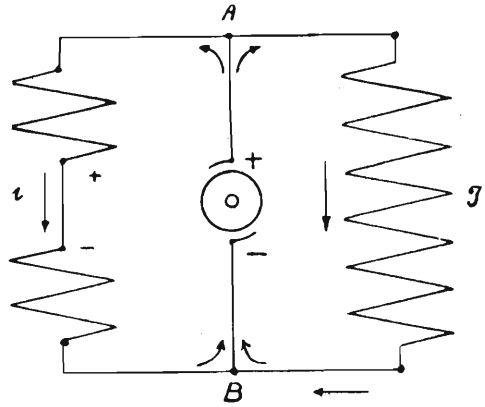


Fig. 327.

correnti d'apertura nello stesso senso di quella precedente, cioè da A in B. Ma essendo esluso l'indotto, i due circuiti i ed I sono chiusi in serie su sè stessi, e le due correnti tendono ad eliminarsi una con l'altra.

A causa della forte induttanza del circuito I, la corrente di apertura in

esso è più forte che nell'altro e perciò si inverte la corrente passante nel circuito *i* di minore induttanza.

La polarità del campo dell'eccitatrice rimane quindi invertita, e quindi si abbassa nuovamente la spazzola, (fig. 328), la corrente erogata dall'eccitatrice, è di senso contrario alla precedente.

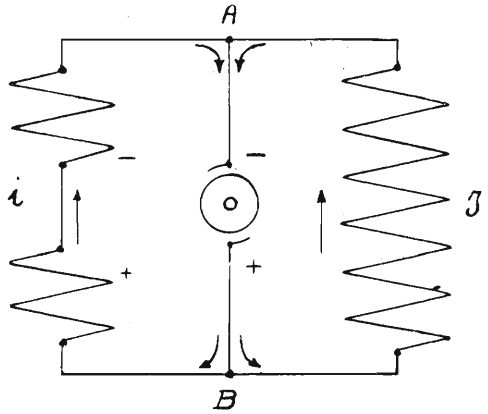


Fig. 328.

Si inverte quindi il campo della turbodinamo, e per conseguenza la polarità delle spazzole, inversione specialmente pericolosa se più dinamo funzionano in parallelo poichè provoca la chiusura in serie di un complesso sull'altro.

e) Altre avvertenze a prima vista meno importanti, ma alle quali è pur necessario por mente, consistono nel verificare che il locale delle macchine sia in ordine e sgombro di recipienti contenenti olio, acqua od altro, che non vi siano pezzi di stoppa o stracci in giro, che la ventilazione del locale sia quella normale, che gli utensili di vario genere come chiavi, martelli, pinze, siano al loro posto e non in posizioni pericolose, ecc.

Una piccola disattenzione può provocare a volte danni molto gravi o per lo meno essere causa di disservizii incresciosi.

§ 119 — **Turbodinamo S. T. T. da 150/160 Kw. e 220 V.**

CARATTERISTICHE DEL COMPLESSO.

Turbina ad azione a ruote mutiple.

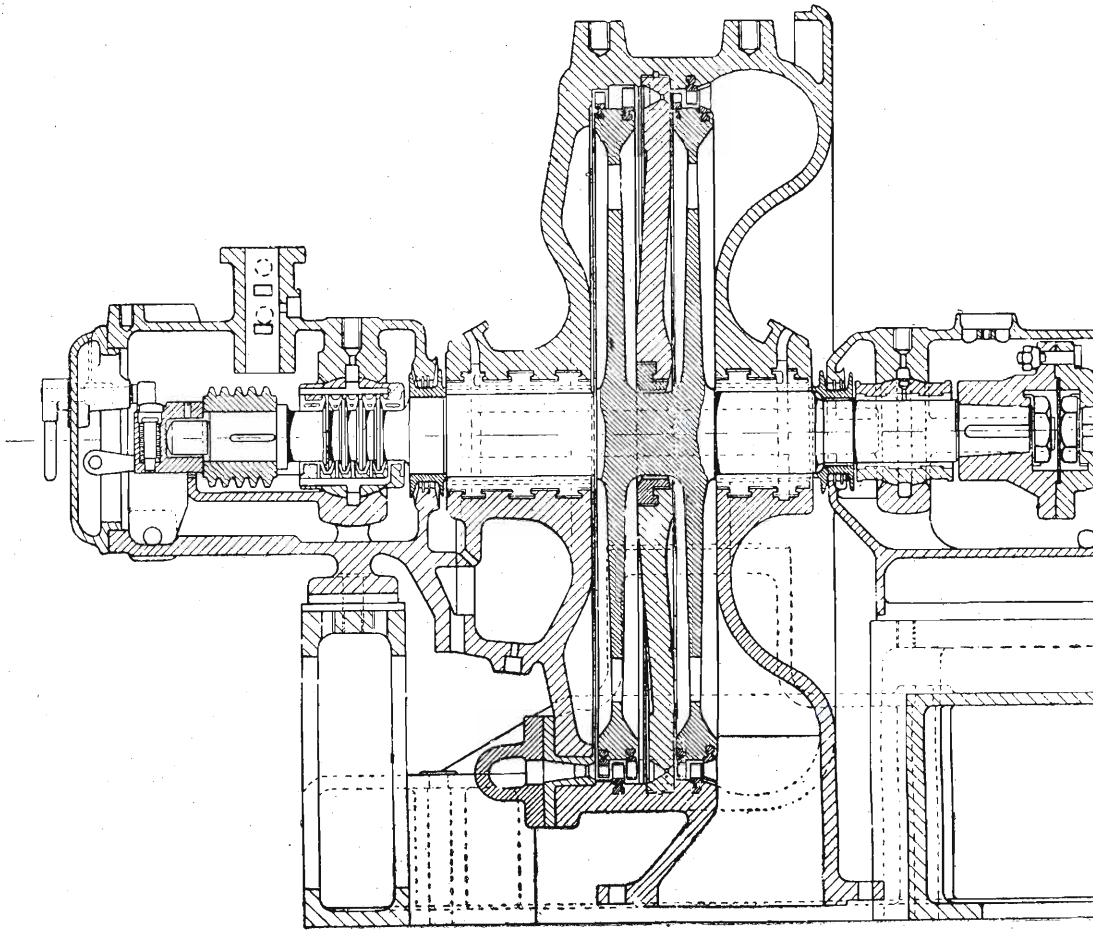
Dinamo per 220 V. con eccitazione in derivazione.

Potenza 150-160 kw.

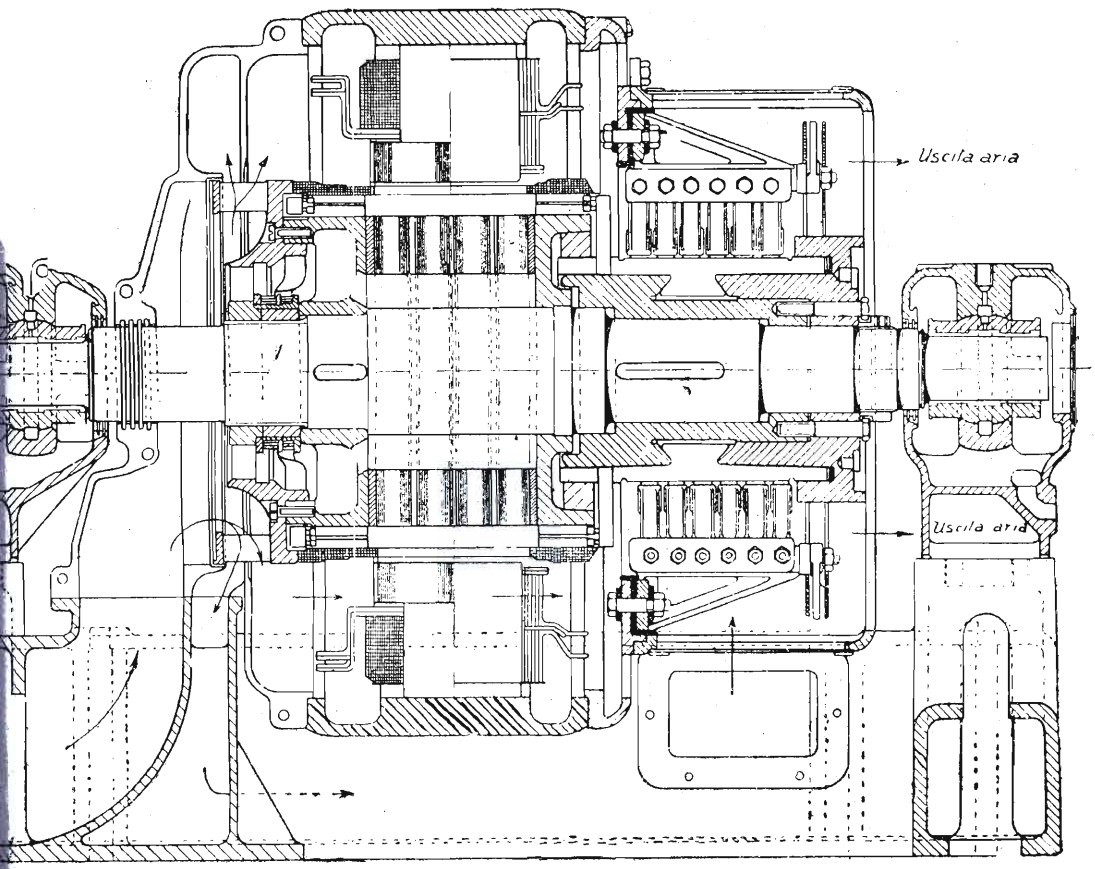
Giri 3000.

Dimensioni massime d'ingombro: altezza mm. 1200, larghezza mm. 1600, lunghezza mm. 2970.

Peso: 5600 kg.



Turbodinamo S. T



150 - 160 Kw. 220 V.

Basamento e supporti (fig. 329).

Il basamento è in ghisa ed è comune alla turbina ed alla dinamo .Il rotore della turbina e l'indotto della dinamo sono sostenuti da 4 cuscinetti montati su 3 sopporti che sorgono dal basamento. Il sopporto centrale porta 2 cuscinetti fra il quale è il giunto rigido di unione degli alberi della dinamo e della turbina. Nel basamento è ricavato un condotto che serve per la ventilazione della dinamo.

I cuscinetti sono di ghisa guarniti di metallo bianco con lubrificazione mediante circolazione forzata d'olio. Il raffreddamento non è ad acqua, ma viene fatto dall'olio stesso.

Il cuscinetto posteriore della turbina ha gli anelli per il reggispinta.

Turbina.

Il cilindro della turbina è in ghisa ed è diviso in due parti: le tubazioni di vapore, le valvole di manovra e gli altri accessori sono fissati alla parte inferiore per modo che le operazioni per sollevare la parte superiore e visitare internamente la turbina sono molto semplificate.

Tutto il rotore della turbina è di acciaio fucinato in un sol pezzo. Le ruote sono due e ciascuna porta una doppia fila di palette.

Fra i due ordini di palette di ogni ruota vi è un settore fissato al cilindro della turbina il quale porta delle palette con curvatura inversa a quelle mobili che funzionano da raddrizzatrici per il passaggio del vapore dalla prima alla seconda fila di palette di ciascuna ruota.

Un diaframma munito di ugelli separa nel cilindro le due ruote.

Il vapore attraverso la valvola d'ammissione (A) (fig. 330) e la valvola di distribuzione (B) giunge alla camera degli ugelli (D). Negli ugelli si espande e va quindi alla prima ruota. La valvola *C* che manovra degli ugelli supplementari serve per il sovraccarico.

Il vapore dopo aver lavorato sulle palette delle ruote, passa nella camera di scarico della turbina, e quindi al condensatore attraverso un raccordo posto sotto il cilindro.

L'albero della turbina attraversa l'involucro con tenute a labirinto, munite degli accessori e dei raccordi necessari per far circolare il vapore internamente ed impedire l'uscita del vapore dalla prima camera o l'entrata dell'aria nella camera di comunicazione con lo scarico.

Regolatore di velocità.

Il regolatore di velocità (H) (fig. 330) è a forza centrifuga, e comanda attraverso un sistema di leve un distributore d'olio (G). L'olio agendo sullo stan-

tuffo del servomotore (E) lo fa alzare od abbassare variando in tal modo l'apertura della valvola di distribuzione.

La parte superiore del servomotore (E) è costituita da un cilindro entro il quale si muove lo stantuffo.

Al cilindro fanno capo due condutture d'olio che partono dal distributore (G) e sboccano una al disopra, l'altra al disotto dello stantuffo.

La leva (6) che comanda il distributore ha il fulcro sull'asse del regolatore dalla parte opposta al distributore, rispetto al fulcro, questa leva è collegata ad una bilancia a molla (I) che serve per regolare a mano il numero dei giri.

Quando la leva (6) è orizzontale il pistoncino del distributore copre i fori di entrata e di uscita dell'olio. Regolando l'apparecchio in modo che questa posizione della leva si abbia per la velocità di regime, allora ogni variazione di velocità provoca un movimento della leva (6) e di conseguenza uno spostamento del pistoncino, che dà luogo all'affluire dell'olio al disopra o al disotto dello stantuffo del servomotore, il quale a sua volta muove la valvola di distribuzione alla quale è collegato.

Il pistoncino del distributore deve coprire le luci di entrata e di uscita dell'olio con un ricoprimento di 0,5 mm. per parte quando la leva (6) è orizzontale; per ottenere ciò l'unione del pistoncino alla leva (6) è fatta con un asse formato da una vite di pressione.

Nella fig. 330 è indicato con frecce piene il percorso dell'olio che si ha quando il pistoncino del distributore (G) si abbassa, con frecce tratteggiate quello che si ha quando si alza.

Congegno di sicurezza a scatto automatico.

La macchina è provvista di un congegno di sicurezza destinato ad arrestare la macchina quando la velocità oltrepassa la velocità normale. Tale apparecchio funziona per forza centrifuga e agisce su di un distributore speciale del servomotore.

Nella parte anteriore dell'albero della turbina (sezioni e-f-k-l fig. 330, 331, 332) è disposto eccentricamente un perno (K) tenuto a posto da una molla a spirale. Oltre un determinato numero di giri (10 % in più della velocità normale) la forza centrifuga agente sul perno riesce a vincere l'azione della molla ed allora il perno, spinto fuori, provoca lo scatto del congegno attraverso il seguente gioco di leve: la leva (1) libera la leva (2) e disimpegna la leva (L) che è richiamata dalla molla a spirale (e) determinando mediante le leve 4, 3, 5 l'abbassamento del pistoncino (F) del distributore speciale. Si apre allora la luce d'immissione dell'olio della parte superiore dello stantuffo, del servo-

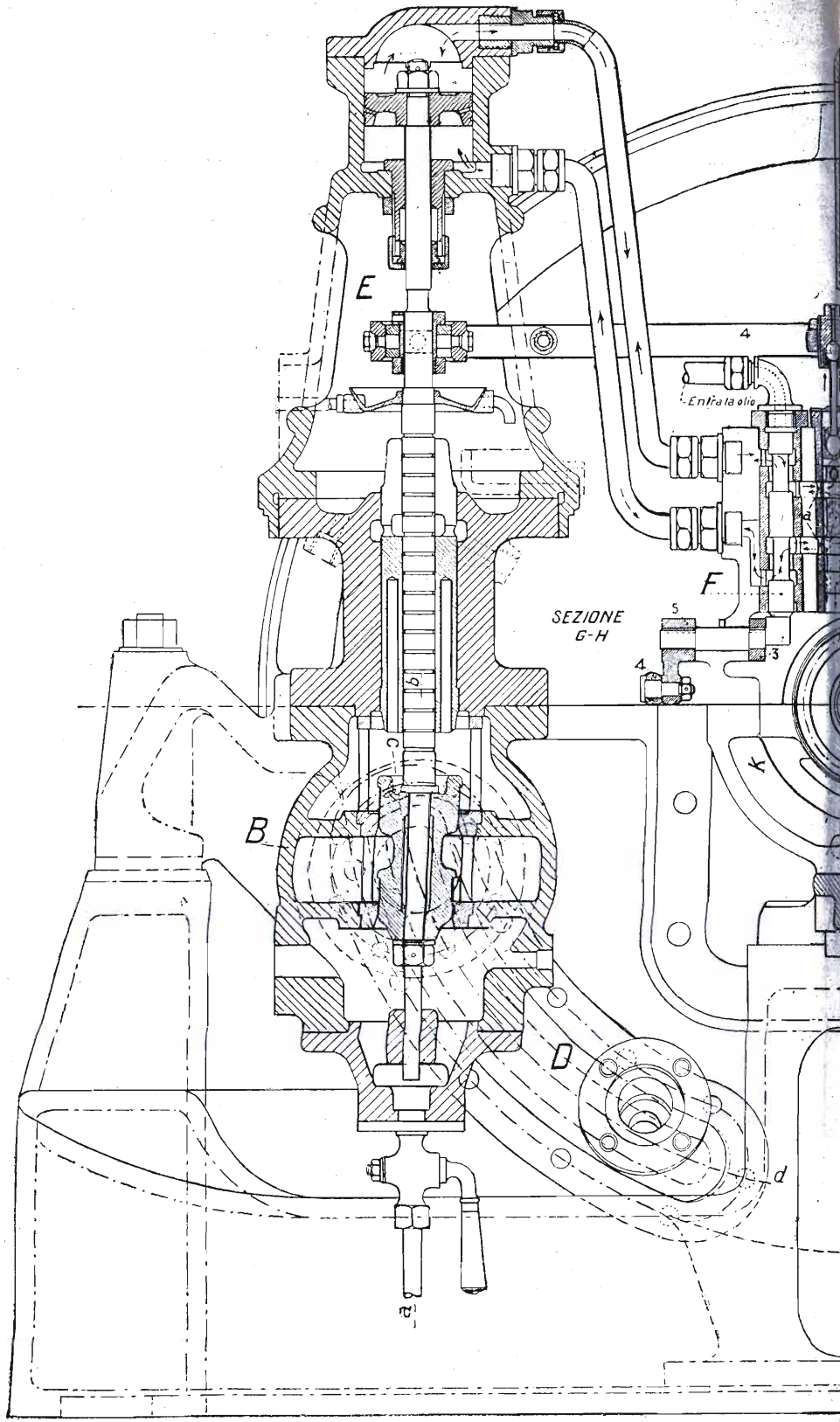
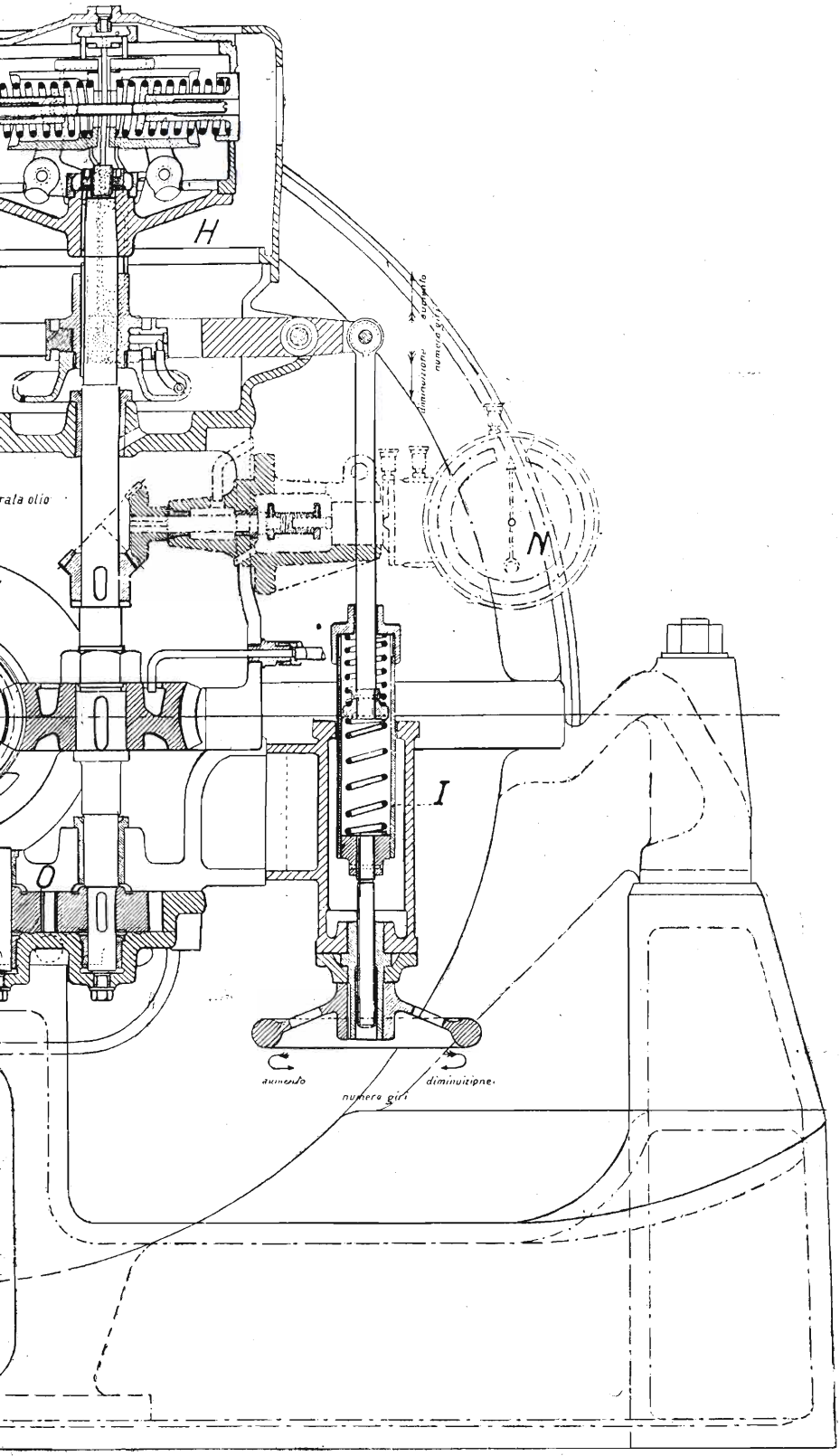


Fig. 330. — *Sistemazione della distribuz*



elle turbodinamo da 150 e 160 K.W.

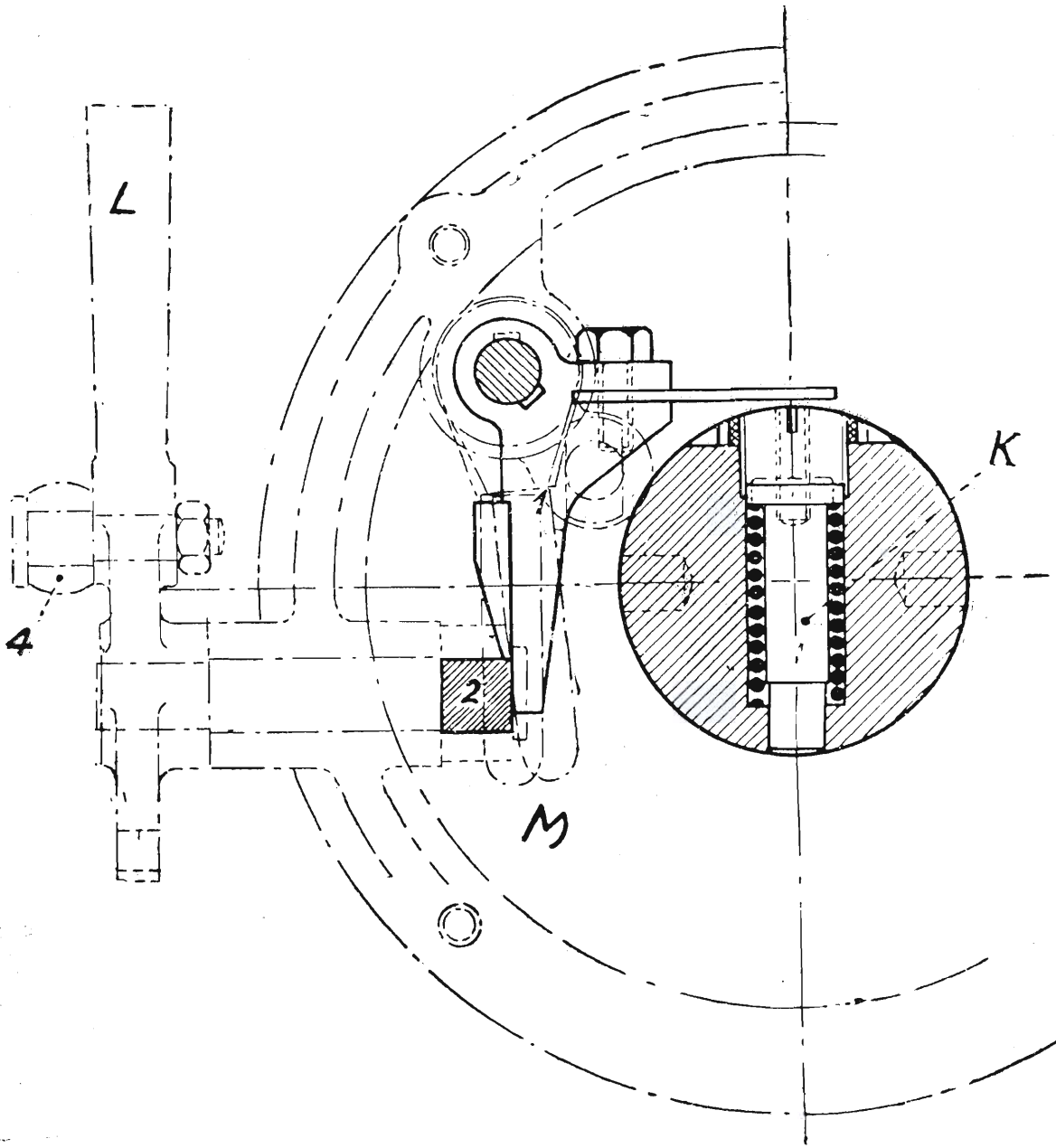
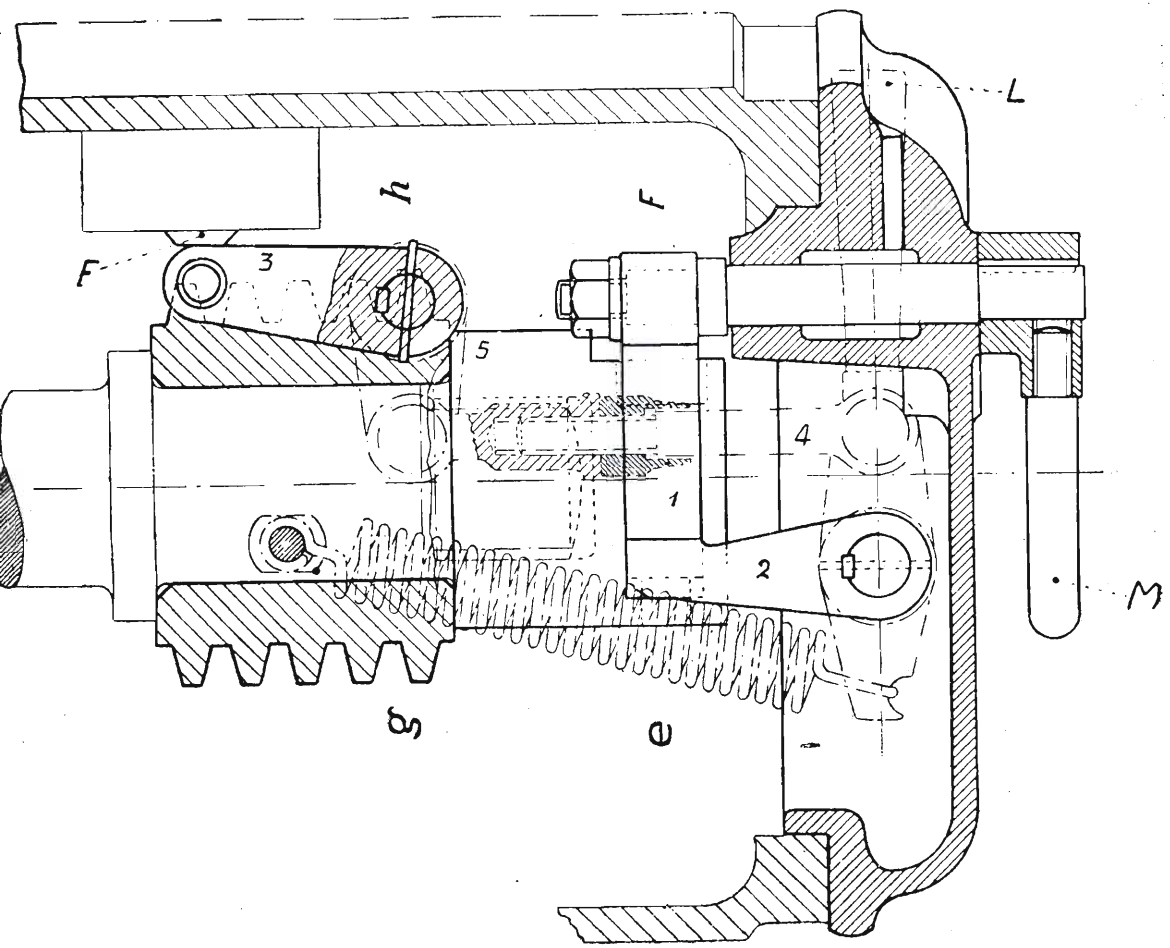


Fig. 331.
Sezione e-F

motore (E) (fig. 330) e quella di scarico della parte inferiore per cui lo stantuffo si abbassa e chiude completamente la regolatrice B.

La molla del perno (K) è regolata in modo che lo scatto avvenga quando il numero dei giri supera 3300.



LEGGENDA DELLE FIGURE N. 330 - 331 - 332 e 333

A - Valvola d'immissione
B - Valvola regolatrice
C - Valvola degli ugelli per sopraccarico.
D - Settore ugelli
E - Servomotore
F - Distributore per scatto automatico.
G - Distributore per la regolazione
H - Regolatore „ Hartung „
I - Bilancia a molle per variazione numero giri 5 %.
K - Regolatore di sicurezza
L - Leva di disinserimento
M - Leva di disinserimento
N - Tachimetro.
O - Pompa ad ingranaggi per l'olio

Fig. 332.

Sezione K - L

Per rimettere il distributore (F) alla posizione normale occorre attendere che il numero dei giri della turbina sia ridotto a circa 2500, in modo che il perno (K) richiamato dalla propria molla rientri, poi si tende la molla a spirale mediante la leva (L) e si lascia armata tale leva agendo sul manubrio (M) che porta la leva (1) a scontrare con la (2).

Manovrando a mano la leva (M) quando il congegno è armato si può provocare l'immediata chiusura della valvola di distribuzione.

LUBRIFICAZIONE.

La lubrificazione è fatta con olio sotto pressione tenuto in circolazione da una pompa ad ingranaggi calettata sull'asse del regolatore.

La pressione dell'olio nella conduttura principale viene regolata al valore di 2-3 Kg./cm^2 mediante una valvola di « troppopieno » posta su di una derivazione della conduttura che va direttamente dalla uscita della pompa al serbatoio.

I distributori f e G (fig. 330) del servomotore, ricevono direttamente l'olio dalla pompa ad ingranaggi (O); mentre lo scarico è convogliato nella cassa dell'ingranaggio che muove l'albero verticale per lubrificarlo.

La mandata d'olio nei cuscinetti è derivata dal refrigerante e lo scarico avviene nel serbatoio da dove aspira la pompa (O); la pressione in questo ramo della tubazione deve essere di 0,2-0,3 Kg./cm^2. Nella fig. 333 è riportato lo schema della circolazione d'olio.

Sul circuito dell'olio è inserito un filtro munito di reticella di ottone che impedisce alle impurità di entrare nel circuito ed ostruirlo.

Il refrigeratore è del tipo « condensatore a superficie » in esso l'olio scorre nell'interno di tubetti di rame circondato dall'acqua di raffreddamento. La pressione dell'acqua nei refrigeratori non deve essere superiore a 1 Kg./cm^2.

Le tubazioni sono munite di manometri che permettono di controllare la pressione dell'olio nei vari circuiti e quella dell'acqua nel refrigeratore.

Durante l'avviamento la circolazione dell'olio è ottenuta mediante una pompa a mano.

AVVIAMENTO DELLE TURBODINAMO.

Prima dell'avviamento accertarsi che siano aperti gli spurghi della tubazione di ammissione a quelli della valvola di distribuzione (B) onde evitare trascinamenti d'acqua in turbina.

Aprire le valvole che danno vapore alle tenute a labirinto; con ciò si ottiene il riscaldamento della camera interna della turbina.

Azionare la pompa a mano per l'olio (non è visibile nelle tavole), la

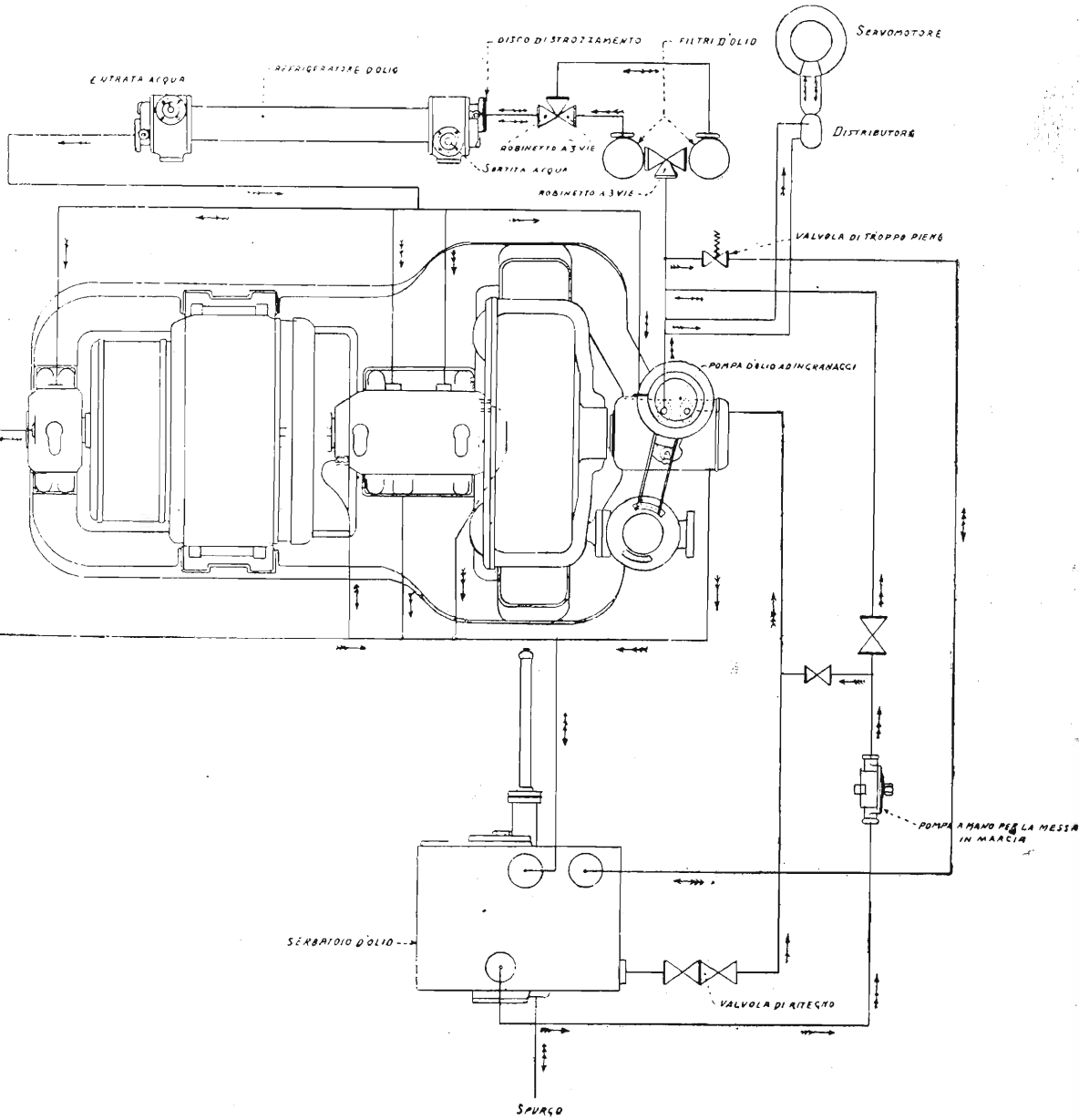


Fig. 333.

Schema della tubazione d'olio

quale serve sia per iniziare la lubrificazione, sia per mandare pressione al servomotore e quindi provocare l'apertura della valvola di distribuzione (B).

La pompa a mano deve essere tenuta in moto fino a che la turbina abbia raggiunto il numero di giri sufficiente ad assicurare il funzionamento della pompa ad ingranaggi. Raggiunta tale velocità che è di circa 500 giri, si smette di azionare la pompa e si osserva la pressione dell'olio indicata dal manometro, se questa non diminuisce si apre gradualmente la valvola (A) d'immissione del vapore sino ad ottenere la velocità normale di 3000 giri. La valvola di presa viene quindi completamente aperta, e la turbina può essere messa sotto carico.

Il periodo di avviamento ha la durata di 8 minuti.

Prima di dare carico alla dinamo, verificare il funzionamento dello scatto automatico, facendolo funzionare a mano mediante al leva M (fig. 332).

Allorchè la turbina comincia a girare si debbono chiudere i rubinetti di spurgo.

ARRESTO DELLA TURBODINAMO.

Per arrestare il complesso chiudere la valvola d'immissione. Dopo di ciò togliere il vapore ai labirinti ed aprire gli spurghi. Dopo l'arresto lasciare

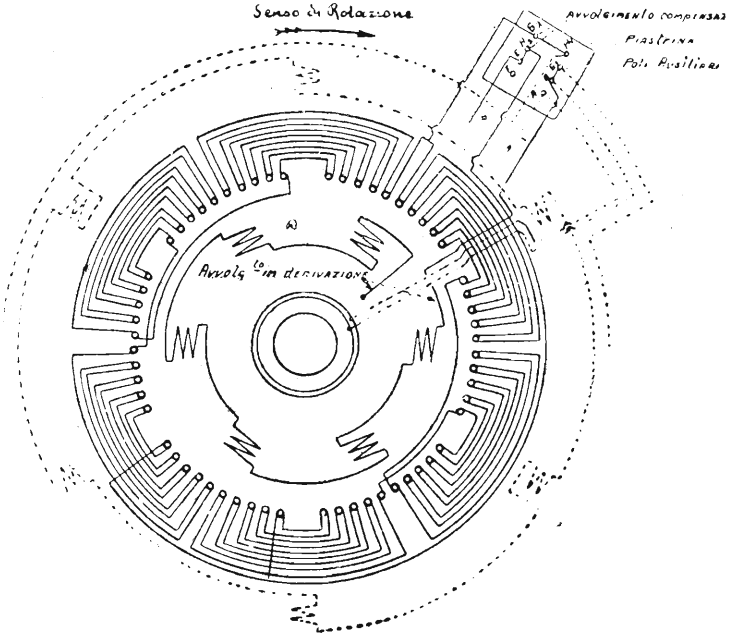


Fig. 334.

Schema dei collegamenti T. G. V. 50/20 × 6

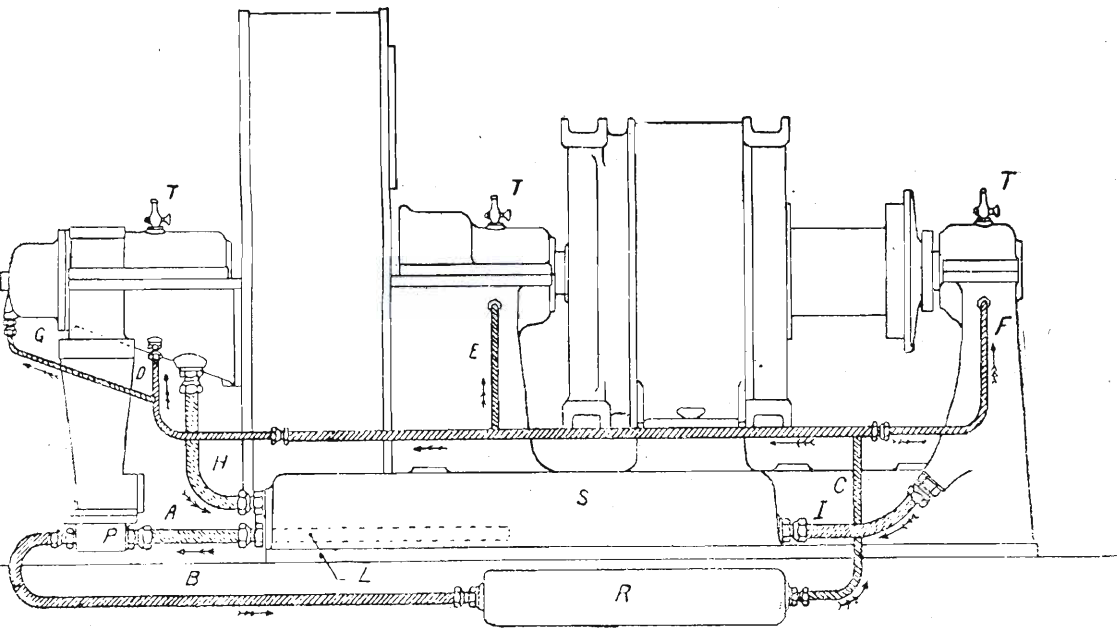
ancora per qualche tempo in funzione la pompa d'aria del condensatore, per togliere completamente tutto il vapore e la umidità che si trova nella turbina.

Chiudere la valvola di mandata dell'acqua al refrigerante lasciando aperta quella di scarico. In ultimo chiudere anche la valvola di presa del vapore.

DINAMO.

La dinamo del tipo protetto autoventilato, è esapolare con eccitazione in derivazione, poli ausiliari ed avvolgimenti di compensazione.

Il circuito compensatore è « shuntato » da una resistenza induttiva, formata da spirali di filo di ferro, immersa in olio, e di valore tale da assicurare una buona compensazione. Questa resistenza è induttiva per evitare che durante gli sbalzi di carico si abbia squilibrio nella suddivisione di corrente fra lo shunt ed il circuito di compensazione e quindi scintillio al collettore.



A - Aspirante pompa olio
B - Premente " " al refrigerante
C " olio dopo il "
D " olio primo cuscinetto
E " olio secondo "
F - Premente olio terzo cuscinetto
G - " " regolatore
H - Scarico " primo cuscinetto
I - " " terzo "
L - Filtro d'olio
P - Pompa "
R - Refrigerante d'olio
S - Serbatoio d'olio
T - Rubinetti di spia

Fig. 335.

La carcassa della dinamo è in acciaio fuso ed è fissata al basamento da quattro bulloni. L'albero del motore è in acciaio forgiato, ritenuto come si è detto, alle due estremità; esso è collegato con giunto rigido all'asse della turbina.

Nelle espansioni polari, costituite da pacchi di lamierini di ferro, sono praticati i canali per l'avvolgimento di compensazione.

INDOTTO - COLLETTORE - SPAZZOLE.

Il nucleo dell'indotto è formato da dischi di lamierino di ferro dolce isolati fra loro con carta sottilissima e tenuti assieme da robusti anelli frontali in acciaio. I lamierini sono riuniti in pacchi separati da canali di ventilazione. Sul nucleo sono praticate 72 scanalature, in ciascuna delle quali alloggiano

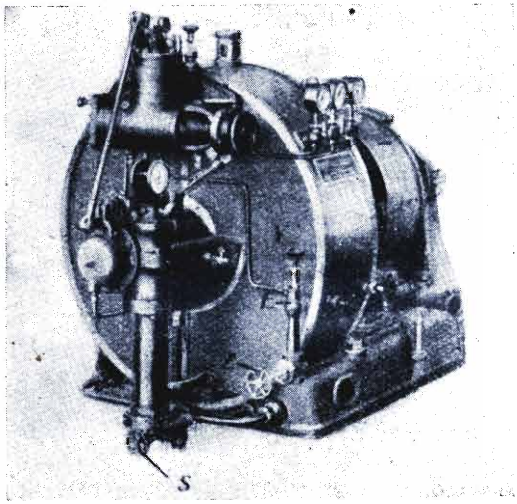


Fig. 336.

4 fili dell'avvolgimento indotto. L'avvolgimento è del tipo parallelo embriciato a 4 strati. Il numero dei fili è 288, il passo anteriore è 49 e quello posteriore 47. L'avvolgimento è provvisto di connessioni equipotenziali.

Le piastrine del collettore sono fissate sulla lanterna (fig. 329), con incastri a coda di rondine ed anelli di serraggio messi a caldo.

Le spazzole di carbone sono montate su sei mensole porta-spazzole, collocate in corrispondenza del segno marcato sull'arco portaspazzole.

Ogni linea di spazzole è composta di sei elementi, le mensole portaspaz-

zole, disposte a 60° l'una dall'altra, sono sostenute da una lanterna che può ruotare per orientare le spazzole nella giusta posizione rispetto al piano neutro.

I carboni di ciascuna linea sono spostati assialmente rispetto a quelli della linea successiva, in modo che le spazzole vengano a strisciare su tutta la superficie del collettore ed il consumo del collettore sia uniforme.

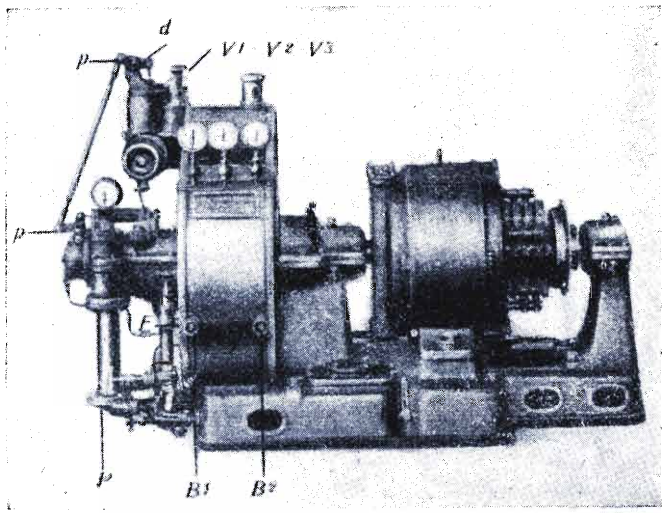


Fig. 337.

Il collegamento delle file di spazzole aventi eguali polarità è fatto con settori di rame isolati, da cui partono i due conduttori di rame che vanno ai serrafili della macchina. Le connessioni del circuito compensatore con lo shunt induttivo, sono interne. La fig. 334 indica lo schema degli avvolgimenti.

VENTILAZIONE.

Sull'asse dell'indotto, dalla parte opposta al collettore è montata una ventola la quale aspira l'aria da un'apertura praticata sul basamento e la convoglia, attraverso i canali praticati anch'essi sul basamento, verso l'indotto e gli induttori da una parte, e verso il collettore dall'altra, come è indicato dalle frecce in fig. 329.

La quantità d'aria necessaria per una ventilazione efficace è di mc. 145 al minuto primo.

L'aria aspirata dall'esterno, prima di entrare nella turbodinamo, passa attraverso un filtro dove deposita il pulviscolo e l'umidità che essa contiene in sospensione.

L'aria calda che esce dalla macchina si scarica nel locale dove il rinnovamento dell'aria è effettuato mediante gli ordinari sistemi di ventilazione ed estrazione.

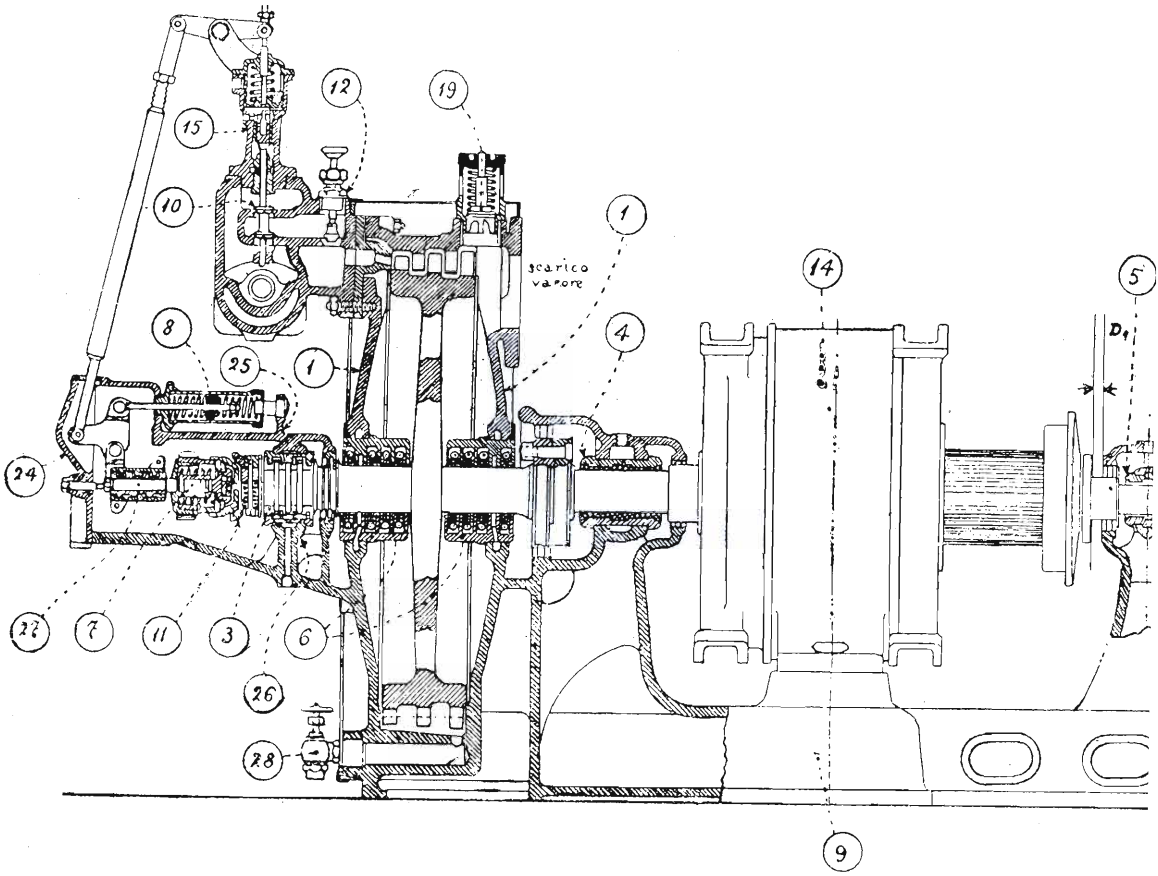


Fig. 338.

§ 120 — **Turbodinamo Tosi da 30 Kw.**

La turbina è del tipo ad azione con una sola ruota a tre salti di velocità, (figg. 336, 337, 338, 339). La dinamo è collegata alla turbina mediante giunto rigido sull'asse. Il basamento del complesso è unico. Nel montamento della macchina bisogna tener presente che la tubazione di spurgo del cilindro della turbina, derivata dalla valvola S (fig. 336), deve scaricare nel punto più basso del condensatore o della pompa d'aria, in modo da rendere sicura l'evacuazione dell'acqua di condensazione.

NORME PER L'AVVIAMENTO E L'ARRESTO DEL GRUPPO.

1°) Si lubrificano con poche gocce di buon olio da macchina le articolazioni visibili degli organi di distribuzione, meno l'asta della valvola di ammissione del vapore (sulla quale altrimenti si produrrebbero incrostazioni dovute al disseccarsi dell'olio sottoposto a temperatura elevata).

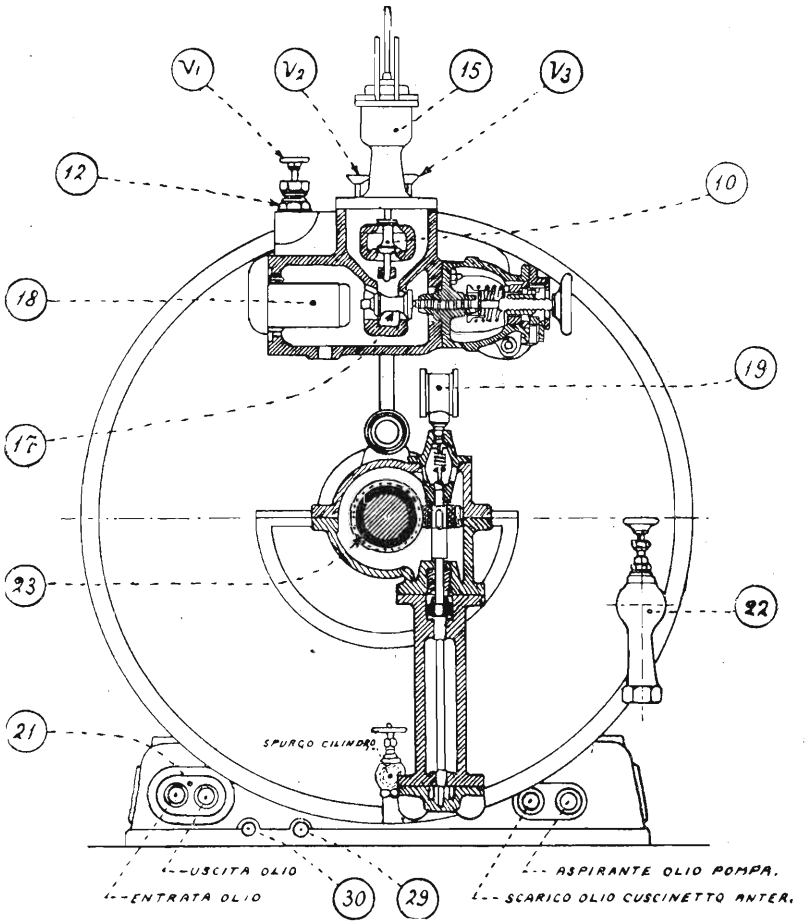


Fig. 339

2°) Si apre la valvola di presa d'acqua del refrigerante dell'olio assicurandosi che quella di scarico sia anch'essa aperta.

3°) Si apre la valvola di intercettazione sullo scarico della turbina.

4°) Si aprono gli spurghi del cilindro e della tubazione del vapore.

5°) Si apre lentamente la valvola di presa VP in modo che il gruppo assuma gradualmente — in circa 5 minuti primi — la velocità normale.

Per l'arresto della macchina valgono le stesse norme indicate per i gruppi precedentemente descritti.

NORME GENERALI PER LA CONDOTTA E LA MANUTENZIONE. (Fig. 335).

Occorre sorvegliare la circolazione d'acqua nel refrigerante dell'olio e quella per il raffreddamento dei cuscinetti.

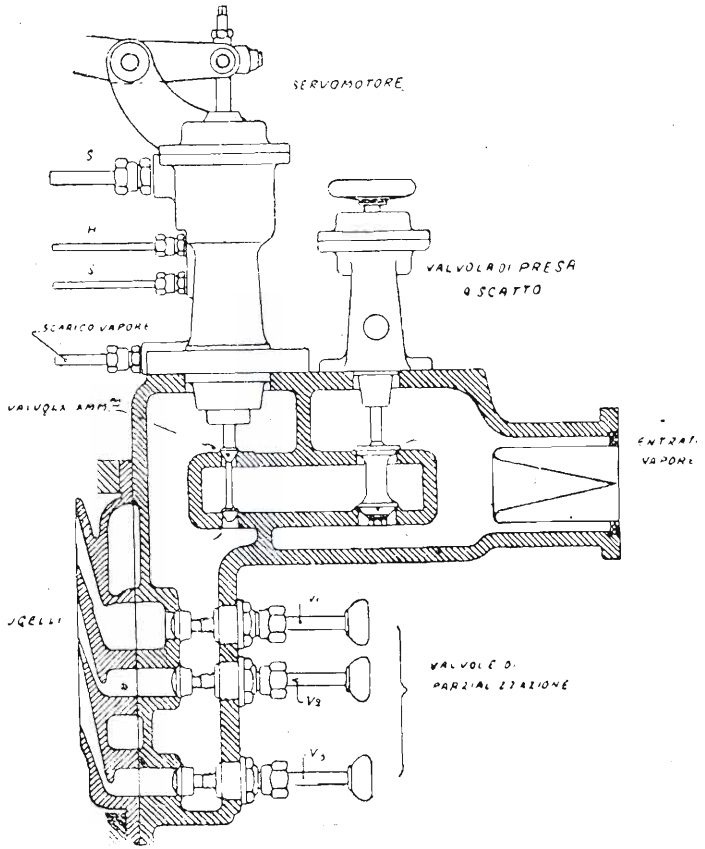


Fig. 340.

La pressione dell'acqua nel refrigerante deve essere tale che l'olio esca ad una temperatura non superiore ai 60° C. per temperatura ambiente di circa 35°.

La pressione dell'olio indicata dal manometro centrale deve essere di circa un'atmosfera. Il livello dell'olio nel serbatoio deve mantenersi costante. L'ac-

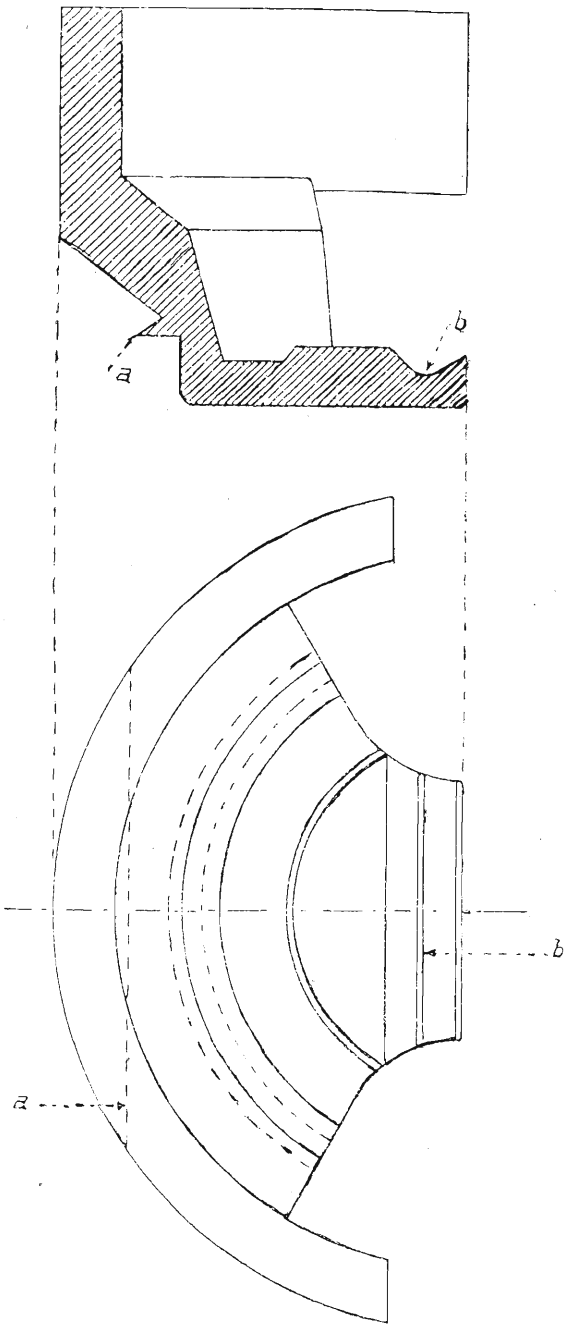


Fig. 341.

Massa del regolatore di velocità T. D. Tosi - 30 Kw.

qua eventualmente depositata nel fondo del serbatoio, va estratta dall'apposito rubinetto di fondo.

Pulire accuratamente il serbatoio, la tubazione dell'olio, ed i cuscinetti dopo ogni mille ore di funzionamento. L'olio estratto dal serbatoio, può essere ricuperato in buona parte previa bollitura e filtrazione.

Eseguire frequenti ispezioni al refrigerante dell'olio, onde accertarsi che non esistano perdite d'acqua. Lubrificare il tachimetro, con olio puro a mezzo dell'apposito lubrificatore.

L'apertura di una o più valvole di parzializzazione V_1 V_2 V_3 (fig. 340) dipende dal carico, dal valore della pressione del vapore e da quello del vuoto del condensatore. E' necessario attenersi caso per caso alle indicazioni riportate nella tabella incisa sulla targhetta applicata ad ogni macchina.

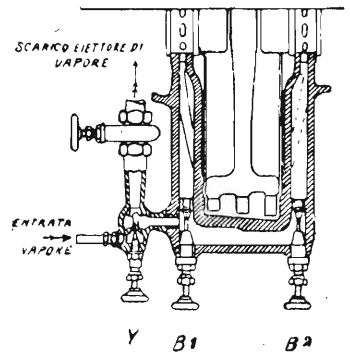


Fig. 342.

Le cause di un eventuale cattivo funzionamento del regolatore di velocità si devono ricercare in attriti anormali dei perni *p* della distribuzione e del regolatore, oppure dell'asticina *d* (fig. 337) della valvola d'ammissione. Occorre allora smontare tali parti per verificarle attentamente e togliere i difetti che vi si riscontrassero.

Quando si ferma la macchina, ed in ogni caso almeno una volta alla settimana, si deve controllare il funzionamento dello scatto di sicurezza facendo assumere al gruppo una velocità del 10 % superiore alla normale.

La tenuta dei manicotti a carbone all'estremità dell'albero è assicurata mediante circolazione di vapore nelle corone. Mediante le valvole B_1 e B_2 (fig. 337) si regola il vapore ai manicotti in modo che, tanto nel funzionamento con scarico al condensatore quanto con scarico all'atmosfera, si abbia sempre una leggerissima uscita di vapore dai manicotti.

Quando il gruppo viene installato a bordo si rilevano esattamente e si registrano le distanze D e D_1 (fig. 338) fra il piano del coperchio del cuscinetto (lato del collettore) ed il piano P del rotore della dinamo, corrispondenti rispettivamente l'una al rilievo fatto col rotore spinto verso la turbina, l'altro a quello fatto col rotore spinto nel senso opposto. La differenza fra le due distanze D e D_1 corrisponderà al gioco assiale del cuscinetto reggispinta. Ripetendo le misure a distanza di tempo si verifica se la differenza D e D_1 è aumentata e quindi se vi è stato consumo degli anelli del reggispinta. Se si riscontra un'usura superiore a 0,4 mm. è necessario sostituire il cuscinetto con un'altro di rispetto. Nella sostituzione bisogna, se occorre, ritoccare le piastrine di aggiustaggio del cuscinetto in modo che le distanze D e D_1 risultino eguali a quelle inizialmente registrate.

CAPITOLO XXIII

Gruppi elettrogeni

§ 121 — **Generalità**

Il valore del rendimento organico o meccanico di un motore che, come è noto, è il rapporto fra la potenza effettiva e quella indicata, dipende dalla quantità di lavoro assorbito dall'attrito dei vari organi in movimento.

Il lavoro assorbito dall'attrito, a sua volta, dipende dalle condizioni in cui sono mantenuti gli organi in movimento. Esso perciò può subire forti aumenti, tanto se le superfici sfreganti non sono ben levigate quanto se la loro posizione geometrica relativa non è esatta.

Il rendimento organico di una macchina alternativa peggiora quindi rapidamente per qualsiasi irregolarità nel funzionamento dei suoi organi. Difatti un'articolazione troppo stretta fà, per esempio, da freno alla macchina, un'aumento di temperatura ad un pernone ne produce la dilatazione e ne peggiora quindi le condizioni di lavoro; un'organo che non funziona secondo le linee geometriche stabilite sopporta sforzi eccezionali e determina sforzi anormali anche negli organi che ad esso sono connessi. Tutto ciò comporta non solo un aumento d'attrito, ma un maggior consumo degli organi e qualche volta anche gravi avarie. Sotto questo aspetto le turbine hanno vantaggi preminenti rispetto ai motori alternativi in genere (a vapore o endotermici) poichè le perdite per attrito sono in esse unicamente dovute ai cuscinetti supporti, al reggispinta, ed al comando dei regolatori.

§ 122 — **Lavori di rettifica e di manutenzione per i motori in genere**

VISITA E RETTIFICA DEI CUSCINETTI.

Si smonta il cuscinetto, si esamina lo stato della superficie del metallo bianco per constatarne la levigatezza e lo stato di consumo. Se nel metallo bianco sono praticate le scanalature dette « zampe di ragno » che servono per agevolare la lubrificazione, bisogna verificare che gli spigoli di esse non siano

troppo acuti, e che i canali non siano tappati. In fig. 343 sono indicati i profili che comunemente si danno alle zampe di ragno.

Dall'esame del cuscinetto si passa a quello dell'organo rotante sostenuto dal cuscinetto (asse o pernone, ecc.) il quale deve essere esente da rigature od asperità di qualsiasi genere nelle parti a contatto del cuscinetto. Se necessario si rettifica tale parte con tela a smeriglio molto fina, lavando poi tutto accuratamente con olio.

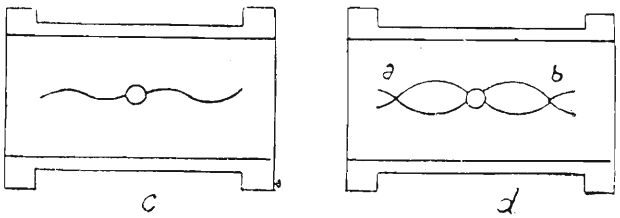


Fig. 343.

Per misurare il « lasco » di un cuscinetto si adoperano fili di piombo che vengono fissati, con un po' di sevo, trasversalmente al disotto del mezzo cuscinetto superiore. Generalmente si dispongono tre fili, due alle estremità ed uno al centro del mezzo cuscinetto. (Fig. 344).

I piombi debbono essere più corti della semicirconferenza del cuscinetto.

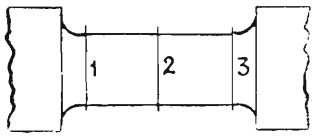


Fig. 344.

Ciò fatto si stringe il cuscinetto fino a portarlo al « serraggio » normale. I fili di piombo si schiacciano ed il loro spessore diventa eguale al lasco esistente tra l'asse ed il mezzo cuscinetto superiore. Tolto allora nuovamente il cuscinetto si misurerà con un « calibro » lo spessore alla metà di ogni filo ricavando così il lasco esistente alle estremità ed al centro del cuscinetto. Questa operazione che viene chiamata « prendere i piombi » si esegue durante l'aggiustaggio di un cuscinetto o quando se ne voglia constatare il consumo. Siccome il lasco deve essere uniforme, durante l'aggiustaggio « si prendono i piombi » e poi con un raschino si asporta del metallo bianco dai punti dove è necessario, fino a che le successive prove non dànno uno stesso spessore per i tre piombi.

Il filo di piombo da usarsi deve essere molto tenero e di diametro proporzionato al lasco che si sa o si prevede che debba esistere.

Se dalle verifiche eseguite risulta ad un cuscinetto un lasco eccessivo (in generale il lasco non deve superare di 0,2 mm. il valore normale che per ogni organo risulta dai lati costruttivi) è necessario ridurlo. Ciò si fa limando

della quantità di cui si vuol ridurre il lasco gli spessori interposti fra le due unità del cuscinetto.

Generalmente però non è necessario ridurre gli spessori con la lima perchè, oltre agli spessori normali, esistono quasi sempre spessori addizionali di carta di Spagna che si possono asportare.

La rettifica, il serraggio ed il montamento di un cuscinetto sono operazioni che vanno eseguite con molta cura e richiedono molta pratica.

In macchine di potenza limitata si può facilmente verificare a mano se esistono laschi eccessivi nelle articolazioni di organi principali. Così, per esempio, si può regolare il serraggio delle articolazioni di una biella svincolando una delle sue estremità, e facendo oscillare a mano la biella su l'altra estremità: dal modo come oscilla si può giudicare il serraggio del cuscinetto.

Nelle macchine « alternative » i cuscinetti che sono più soggetti ad ovalizzarsi sono quelli dei piedi di biella.

Un cuscinetto ovalizzato o le cui superfici di contatto sono comunque deteriorate va rettificato. Per far ciò si comincia col limare con attenzione il cuscinetto di tanto quanto basta per fare sparire le scabrosità o le rigature. Si usa prima una lima a taglio grosso e poi una a taglio fino se le scabrosità o le rigature sono molto profonde; oppure soltanto una lima a taglio fino se le scabrosità non sono profonde. Ciò fatto si stende sul pernone un leggero strato di minio sciolto nell'olio d'oliva, e lo si adatta sopra un mezzo cuscinetto. Facendo girare quest'ultimo intorno al pernone, e ben a contatto con esso, le parti della superficie che sfregano risultano tinte in rosso, mentre le altre rimangono del colore del metallo. Usando un raschino si asportano le parti tinte in rosso, che sono evidentemente quelle in rilievo e che vanno perciò abbassate. Ripetendo più volte l'operazione ed adoperando il raschino con precauzione si vedrà dopo ogni raschiatura che le zone di contatto si fanno sempre più larghe e più vicine. Quando finalmente la superficie da aggiustare risulterà uniformemente tinta in rosso in seguito allo strofinamento sul pernone, allora l'aggiustaggio è finito.

Nel limare e raschiare le superfici del cuscinetto, le zampe di ragno diventano meno profonde, perciò devono essere rifatte dopo l'operazione.

Prima di rimontare il cuscinetto converrà riprendere i piombi per poter dare il giusto serraggio. Il lasco ai cuscinetti deve essere compreso tra 0,15 e 0,3 mm. a seconda dei tipi di macchina. Se con laschi di quest'ordine di grandezze si verifica il riscaldamento di un cuscinetto ciò non dipende dall'eccessivo serraggio ma si deve attribuire o a cattivo mutamento e rettificazione di organi, o a cattiva lubrificazione e refrigerazione, ecc.

Se un cuscinetto subisce un riscaldamento eccessivo allora come si è

detto, il metallo bianco si fonde. In questo caso (oppure quando il metallo bianco in seguito ad aggiustaggi precedenti è ridotto ad uno spessore così piccolo da non consentire ulteriori aggiustaggi) bisogna nuovamente ricoprire il cuscinetto di altro metallo bianco e quindi rifare l'aggiustaggio.

Nella verifica dei cuscinetti principali di banco di una macchina alternativa basta controllare lo stato della superficie del mezzo cuscinetto superiore perchè in genere il consumo è identico per tutti e due i mezzi cuscinetti.

Per le turbine invece il mezzo cuscinetto superiore non lavora mai nè deve lavorare, quindi dalla semplice visita di esso non si può controllare altro che l'abbassamento dell'asse. E' necessario perciò verificare anche quello inferiore: ciò si fa mettendo in forza l'asse della turbina con un martinetto sistemato in vicinanza del cuscinetto supporto e facendo girare a mano la turbina il che determina la rotazione anche del mezzo cuscinetto inferiore che così può essere tolto.

Rettifica della posizione dello stantuffo.

Un cuscinetto sia o pur no provvisto di metallo bianco dopo l'aggiustaggio si assottiglia. Ciò fa sì che in una macchina alternativa, dopo ripetuti aggiustaggi dei cuscinetti della testa e del piede di biella, lo stantuffo si sarà avvicinato al fondo del cilindro, col quale potrebbe anche andare a contatto in fine corsa se l'abbassamento è notevole. Perciò dopo la rettifica dei cuscinetti suddetti è necessario sempre verificare gli spazi morti, specialmente quello della parte dell'asta dello stantuffo. Se l'abbassamento risulta notevole, bisognerà correggerlo. Ciò si fa interponendo fra la biella ed il cuscinetto della manovella uno spessore di lamiera di ottone o di ferro.

Per verificare lo spazio morto inferiore si sconnette la biella dalla manovella o dall'asta dello stantuffo, si assicura quest'ultimo all'apparecchio di sospensione e poi lo si fa scendere fino a toccare, il fondo del cilindro. Lo spazio morto si ricava allora dalla differenza fra la posizione segnata sull'asta dello stantuffo in questo caso, e quella che essa raggiunge invece in fine di corsa quando la biella è montata.

Per misurare lo spazio morto superiore si introducono delle sostanze plastiche (piombo o mastice al magnesio) fra lo stantuffo ed il coperchio del cilindro. Si fa fare allo stantuffo una corsa complessa e si ricava il valore dello spazio morto misurando lo spessore assunto dalla sostanza introdotta, la quale è rimasta schiacciata fra il coperchio del cilindro e lo stantuffo.

RETTIFICA DELLE GUIDE PER ASTE DI STANTUFFO.

Le aste di stantuffo sono spesso munite di un « pattino » scorrevole sopra una « guida ». Anche qui lo sfregamento del pattino sulla guida determina il consumo delle superfici di contatto e quindi la srettificazione dell'asta.

In seguito a tale consumo si verifica un urto del pattino contro la guida a fine di corsa, e l'ovalizzazione del foro di passaggio del premi baderna dell'asta.

In generale il consumo non è uniforme perchè l'attrito fra le superfici è maggiore a metà corsa dello stantuffo che non a fine corsa. Perciò occorre prima di ogni altro rettificare i piani di contatto e dopo centrare l'asta aggiungendo degli spessori sotto il pattino oppure fra la guida e la colonna su cui è fissata, se quello, come spesso accade, è di pezzo con l'asta.

Gli urti, che per effetto del consumo delle superfici striscianti, si determinano fra pattino e guida ad ogni inversione del moto dello stantuffo, si trasmettono anche allo stantuffo le cui fasce elastiche vengono così assoggettate ad un tormento eccessivo che ne accelera il consumo e può produrne la rottura. Inoltre le guarnizioni dell'asta dello stantuffo, per i bruschi movimenti laterali di questa si consumano rapidamente.

I metalli di cui sono costituiti il pattino e la guida sono scelti in modo che l'attrito fra di essi sia minimo. Perciò si usa il bronzo per la guida e l'acciaio per il pattino, oppure il bronzo per il pattino e la ghisa per la guida; il risultato migliore si ottiene però adoperando un rivestimento di metallo bianco per il pattino e la ghisa per la guida.

Tutti gli organi secondari delle macchine alle quali è applicato un sistema a guida, esigono le identiche cure e rettifiche.

FUSIONE ED AGGIUSTAGGIO DEL METALLO BIANCO.

Il metallo bianco è una lega di stagno, antimonio, rame.

Tale lega di aspetto bianco lucente (da cui il nome) ha la proprietà di essere inossidabile e di avere una temperatura di fusione molto bassa, di essere di facile lavorazione perchè molto tenera e di avere, con l'acciaio e gli altri metalli in genere, un basso coefficiente d'attrito.

La fusione del metallo bianco su un cuscinetto deve essere eseguita di preferenza in un arsenale; a bordo, vien fatta solo in casi eccezionali.

Per tale operazione è necessario adoperare una forma a *nucleo*, cioè un cilindro di ghisa di diametro un po' inferiore a quello che deve avere internamente il cuscinetto ad aggiustamento ultimato. La forma si colloca nel cusci-

netto in modo che sia concentrica ad esso, e quindi si cola il metallo fuso fra la forma ed il cuscinetto.

Prima di eseguire una nuova fusione si deve asportare completamente il metallo bianco preesistente e lavare la parte sulla quale deve avvenire la fusione con acido solforico o con acido muriatico diluiti; stagnare la superficie di queste parti come si fa per i vasi da cucina, e riscaldare a sufficienza il cuscinetto affinchè il metallo bianco si attacchi bene al bronzo. Nell'applicare la forma si deve aver cura di turare con terra refrattaria tutte le vie di sfuggita che potrebbe trovare il metallo fuso.

Dopo la fusione si esegue una prima sgrossatura del metallo bianco e quindi lo si comprime mediante martellatura (o compressione quando se ne hanno i mezzi); tale operazione si può ripetere se si giudica necessario anche dopo una seconda sgrossatura.

Si tornisce poi il cuscinetto fino a lasciare un millimetro o poco più di metallo eccedente. Indi si procede all'aggiustaggio con raschino.

Un cuscinetto avariato perchè parte del metallo bianco si è fuso in seguito a riscaldamento può essere riparato colando nuovo metallo bianco nelle zone in cui è avvenuta la fusione. Queste devono essere preventivamente preparate facèndovi con lo scalpello delle cavità di forma regolare che debbono essere sgrassate con acidi diluiti.

Ricambio di baderne.

Le aste degli stantuffi di alcune macchine alternative (pompe, compressori, ecc.) passano attraverso baderne che impediscono le perdite dal fondo del cilindro.

Le baderne possono essere, a seconda del tipo di macchina, il Tuk, di canapa o di cotone. Esse vengono situate dentro una camera cilindrica che circonda l'asta dello stantuffo ed il cui tappo a vite le tiene a posto e le fa aderire all'asta. Le baderne si tagliano in modo che le estremità combacino perfettamente quando sono strette nella camera; per realizzare una tenuta perfetta si dispongono in modo che le linee di congiungimento di baderne successive non capitino tutte su una stessa generatrice della superficie cilindrica della camera.

Il montamento delle baderne è un'operazione delicata.

E' utile spingere le baderne una ad una, oppure due a due se sono piccole, sul proprio premi baderne, in modo che vadano strettamente a posto, e che quando viene stretto definitivamente il premi baderne, la pressione sulle baderne risulti uniforme. La pressione da dare al premi baderne deve essere la minima necessaria per assicurare la tenuta; una pressione eccessiva provoca un attrito dannoso.

Se le baderne sono nuove è bene stringere definitivamente il premi baderne quando la macchina è in moto perchè ciò agevola l'assestamento.

Per le aste delle pompe d'acqua (pompe di circolazione, ecc.), si usano baderne di cotone.

Prima di guarnire una camera di baderne, le guarnizioni di cotone devono essere immerse in sevo liquefatto o meglio nell'olio minerale caldo. Questa operazione serve ad impedire il rapido deterioramento, in quanto le rende in certo modo impermeabili e ne fa diminuire l'attrito contro l'asta senza nuocere alla buona tenuta. Per togliere le baderne si fa uso di un utensile, chiamato *cava baderne*, foggiato come un cavaturaccioli. Per guarnirle si adopera lo stesso premi baderna (come si è detto), oppure una stecca di legno duro, opportunamente conformata detta *calca-baderna*.

MANUTENZIONE DEI CILINDRI E DEGLI STANTUFFI.

Per eseguire la manutenzione interna dei cilindri occorre smontare il coperchio.

Tale lavoro non offre difficoltà; basterà togliere tutti i dadi che lo fissano e stringere le viti di pressione per provocare il distacco della flangia di tenuta. In seguito si tolgono da posto le viti di pressione sostituendovi appositi golfari.

E' buona norma, appena tolto il coperchio da posto, di tappare con difese provvisorie di lamierino opportunamente sagomate i tubi che sboccano nel cilindro per impedire che corpi estranei possano cadervi dentro.

La manutenzione interna dei cilindri consiste nel lavarli con acqua ragia, e spalmarli poi leggermente con « olio minerale interno ».

Prima di mettere il coperchio a posto, verificare lo stato della guarnizione interposta fra l'orlo del cilindro e il coperchio. Se è necessario cambiarla, si asporta quella vecchia pulendo bene le due flangie con acqua ragia, e si applica quella nuova sul cilindro, mediante l'interposizione di uno strato di biacca, per farla attaccare fortemente. La parte che va a contatto col coperchio si spalma invece di grafite e grasso minerale affinchè alla prossima rimozione, il coperchio si stacchi dalla guarnitura senza romperla.

Prima di rimontare il coperchio assicurarsi che nessun corpo estraneo rimanga nel cilindro.

Si avvitano i dadi ai prigionieri ingrassandoli leggermente con olio; prima di stringerli ricordarsi di togliere da posto i golfari affinchè non facciano forza contro la flangia del cilindro. Si stringono due a due moderatamente i dadi diametralmente opposti, ed in ultimo si stringono tutti a fondo, senza però battere sulla chiave nè fare uso di tubo infilato su di essa per aumentare il braccio di leva, perchè ciò potrebbe causare la rottura dei prigionieri.

Le fasce elastiche degli stantuffi sono di due specie, quelle costituite da semplici anelli che aderiscono alla faccia interna del cilindro per elasticità propria (anelli Ramsbotton) e quelle costituite da anelli in cui l'aderenza si ottiene per la loro elasticità ed anche per effetto di molle che li spingono contro la superficie del cilindro.

Per ricambiare la fascia del primo tipo, salvo il caso di costruzioni speciali, si deve smontare lo stantuffo; nel secondo caso invece ciò non occorre. Lo smontamento dello stantuffo è abbastanza semplice. Le operazioni da compiersi dipendono dal sistema con il quale lo stantuffo è collegato all'asta o alla biella. Quando esiste l'asta di collegamento (macchina a vapore, ecc.) il collegamento è di solito fatto con dado. Mollato questo occorre poi distaccare l'asta: spesso quest'ultima operazione richiede l'uso di apparecchi speciali che servono ad agevolare il distacco.

Conservazione dei motori nei periodi di inattività.

Eseguita la visita e la manutenzione di tutti gli organi interni, si lascieranno a posto senza guarnizioni i coperchi dei cilindri e delle valvole di distribuzione in modo che sia facile eseguire delle visite periodiche, per verificarne lo stato interno.

Si tolgono da posto le baderne per evitare che col tempo facciano presa sull'asta dello stantuffo.

Si spalmano di geolina o di altra sostanza le parti metalliche soggette ad ossidarsi. Periodicamente far compiere a mano o con altro sistema, qualche giro alla macchina.

Controlli periodici.

a) *Controllo della linea d'asse.* — La posizione della linea d'asse viene riferita per il controllo, alle parti fisse della macchina.

Un procedimento abbastanza semplice consiste nel costruire, quando la linea d'asse è livellata una sagoma come quella indicata in fig. 345 la quale poggiata sull'asse, al posto dei mezzi cuscinetti superiori, serve a controllare come risulta chiaramente dalla figura stessa gli eventuali abbassamenti che possono in seguito verificarsi.

b) *Controllo della lunghezza della biella.* — La lunghezza della biella può variare col consumo dei cuscinetti. Il valore esatto che dovrebbe avere si ricava dai disegni del motore; quello effettivo si ottiene misurando la distanza fra il centro del cuscinetto di testa e quello del piede di biella.

La correzione viene effettuata aggiungendo degli spessori fissati in varie maniere a seconda del tipo di costruzione e di montaggio della biella.

c) Controllo della posizione dell'asta dello stantuffo rispetto al cilindro. — L'asse dell'asta dello stantuffo deve coincidere coll'asse del cilindro, ma si può spostare da tale posizione per varie cause di cui le principali possono essere:

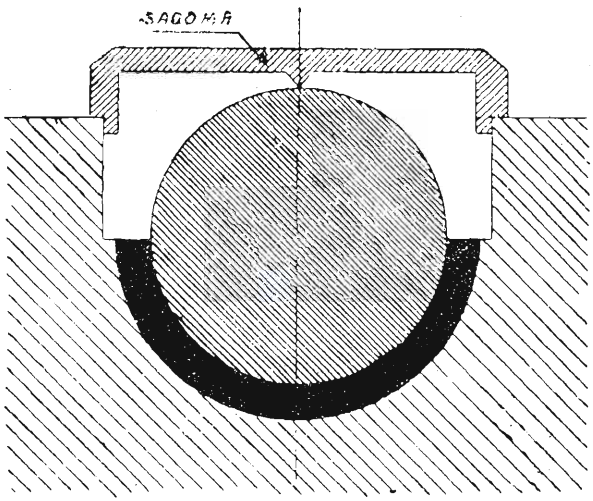


Fig. 345.

consumo delle fasce elastiche dello stantuffo, consumo della guida e del pattino, consumo degli anelli della camera delle baderne.

Per eseguire il controllo la posizione dell'asta viene riferita alla camera delle baderne.

Messo lo stantuffo in vari punti della sua corsa si controlla con un calibro che l'asta si trovi sempre centrata rispetto alla camera delle baderne.

d) Controllo delle guide. — Per verificare il parallelismo della guida nel senso longitudinale rispetto all'asse del cilindro, e quello nel senso assiale rispetto alla linea d'asse del motore è necessario prima di tutto assicurarsi mediante una riga che la guida nel senso della sua lunghezza sia sufficientemente piana.

Dopo aver riscontrato ciò, si sconnette il piede di biella, e tolte da posto tutte le baderne dell'asta, si porta lo stantuffo quasi al punto morto superiore e lo si centra esattamente nel cilindro mediante quattro cunei A (fig. 346).

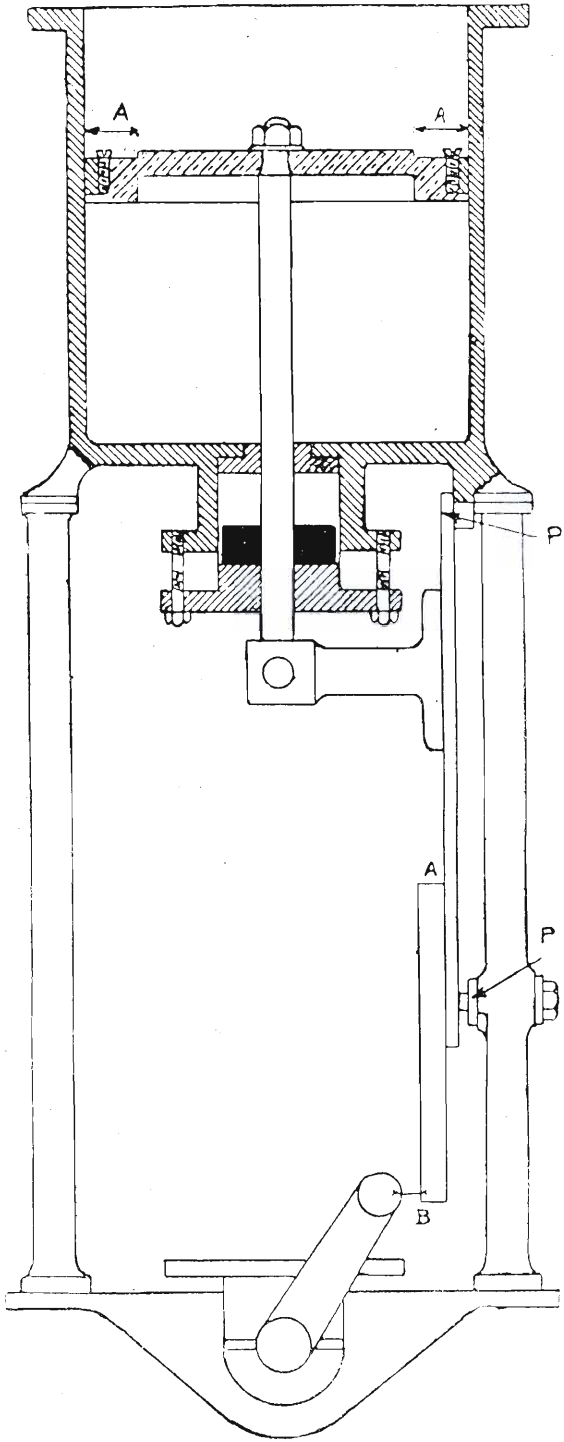


Fig. 346.

Dopo lo stantuffo si centra anche l'asta rispetto al premibaderne mediante altri cunei oppure disponendo nel pressatrecce una boccola conica, la quale, quando si stringe il pressatrecce porta automaticamente l'asta in centro. Centrati così lo stantuffo e l'asta, con una sonda si misura in più punti il giuoco esistente fra il pattino e la guida. Si abbassa poi lo stantuffo al punto morto inferiore ed eseguite le stesse operazioni di centramento, si rileva nuovamente il giuoco tra il pattino e la guida. Se i due giuochi al punto morto superiore e al punto morto inferiore risultano eguali, significa che la guida è parallela all'asta. Se i due giuochi risultano diversi, bisogna renderli eguali aggiungendo sotto gli appoggi della guida degli spessori opportuni. Per accertarsi che la guida sia parallela nel senso assiale alla linea d'asse (fig. 346) si dispone sulla guida una riga A B che si prolunghi oltre la guida stessa. Si gira allora l'asse motore in modo da portare il pernone dalla parte della riga e con un compasso si controlla se la distanza tra la generatrice del pernone più vicino alla riga e la riga stessa è eguale per tutti i punti di questa generatrice.

§ 123 — Norme generali per la condotta dei motori a combustione

REGISTRAZIONE DEI POLVERIZZATORI.

Si verificano in primo luogo le fasi di apertura e chiusura dei polverizzatori.

E' bene eseguire tale verifica nello stesso ordine con cui si succedono le aperture dei polverizzatori nei vari cilindri poichè in tal modo la verifica stessa è più rapida.

La verifica e la registrazione si possono eseguire con tre sistemi:

1°) Si porta la leva o il volantino di manovra nella posizione di marcia normale, perchè le fasi da verificare sono quelle relative a queste condizioni di funzionamento. Indi girando a mano la macchina si porta la manovella del cilindro per il quale si esegue la verifica, nella posizione corrispondente all'inizio della fase di apertura del polverizzatore (generalmente 2° prima del punto morto inferiore). In questa posizione la leva che serve ad aprire il polverizzatore che è azionata dal bilanciere deve essere a contatto con il piattello della molla del polverizzatore. Interponendo allora fra l'estremità della leva ed il piattello della molla una sonda dello spessore di 0,2 mm. (spessore corrispondente al lasco massimo consentito) questa deve restare presa fra di essi. Facendo girare allora la macchina e tirando la sonda si arriverà ad un momento in cui essa si sfilerà; ciò indica l'istante di chiusura del polverizzatore e si verifica perciò se esso avviene nella fase voluta (generalmente 35° dopo il punto morto superiore). Se si riscontra per tutti i cilindri

uno stesso sensibile spostamento della fase di polverizzazione occorre variare il collegamento tra la colonna verticale e l'albero di distribuzione.

2°) Un altro sistema consiste nel far arrivare l'aria al polverizzatore e determinare gli istanti di apertura e di chiusura dal fruscio dell'aria attraverso il polverizzatore. Per sentire il fruscio occorre naturalmente tenere aperti i rubinetti di prova di ciascun cilindro.

3°) Il terzo sistema permette di misurare anche la corsa dello spillo del polverizzatore.

Si infila attraverso il foro superiore del coperchio situato sulla molla una stecca metallica che arrivi a toccare l'asta del polverizzatore e sporga sufficentemente dal coperchietto della molla. Sulla stecca si fa un segno in corrispondenza del piano del coperchio e così si può controllare l'istante in cui lo spillo si solleva e l'istante in cui si riabbassa verificando se il funzionamento avviene nella giusta fase e misurando contemporaneamente anche la corsa dello spillo, (in generale da 3÷3,5 mm.).

Registrazione delle valvole di avviamento.

Si mette la leva di manovra nella posizione « avviamento » e si gira a mano il motore. Con una sonda dello spessore di 0,3 mm. (massimo lasco consentito) si verifica l'istante di apertura e di chiusura nella valvola interponendola tra la leva che comanda la valvola ed il piatto su cui tale leva agisce. La fase di apertura deve in generale durare da 12° dopo il punto morto superiore, a 82° dopo lo stesso punto morto.

Registrazione della pompa del combustibile.

Consiste nel regolare la corsa di sollevamento della valvola di aspirazione onde poter proporzionare la quantità del combustibile che si manda ai polverizzatori alla potenza che si vuol far sviluppare al motore. Ciò si ottiene regolando con un corsoio a vite che si trova sull'asta dello « spingitoio » la distanza di questo dalla valvola di aspirazione della pompa. Si verifica inoltre che la distanza dello spingitoio sia tale che la valvola di aspirazione risulti completamente aperta quando la leva di manovra è a zero.

Le articolazioni del regolatore di velocità si debbono regolare in modo che la valvola di aspirazione si apra almeno di 1 mm. e mezzo, quando il motore acquista una velocità di rotazione superiore a quella di regime.

Verifica degli spazi morti.

Si debbono verificare sia quelli dei cilindri del motore sia quelli dei cilindri delle pompe di lavaggio e dei compressori.

Il controllo si effettua per mezzo di spilli che si introducono nel cilindro quando lo stantuffo è al punto morto superiore o inferiore e sui quali esistono linee di riferimento corrispondenti agli spazi morti normali.

Per le pompe ed i compressori è preferibile adoperare dei fili di piombo di diametro opportuno che introdotti nel cilindro permettono di determinare gli spazi morti dalla misura del loro schiacciamento.

Come ordine di grandezza, nelle pompe di lavaggio gli spazi morti sono circa m/m 3 e nei compressori da m/m 0,8 ad 1 per A P; da m/m 1,5 a 2 per M P. e da m/m 1,5 per B. P.

NORME DA OSSERVARE DURANTE IL FUNZIONAMENTO.

Verificare la regolarità dell'ammissione del combustibile aprendo la valvola di prova sulle testate dei cilindri.

Sorvegliare la circolazione dell'olio per la lubrificazione e quella dell'acqua di raffreddamento. Se per difetto della circolazione dell'acqua un cilindro si riscaldasse lo si deve escludere dal funzionamento e ripristinare poi la circolazione con le dovute cautele onde evitare le avarie dovute ad un raffreddamento molto rapido ed alle conseguenti brusche contrazioni del metallo.

La temperatura dell'olio non deve oltrepassare i 75÷85 gradi.

Controllare il funzionamento del compressore d'aria, il rifornimento delle bombole e le varie mandate.

La pressione dell'aria ai polverizzatori è a seconda dei motori, di 47÷70 kg. Quella dell'aria di lavaggio di 0,15 a 0,35 kg.

E' prescritto l'arresto del motore quando l'aria polverizzante è ad una pressione inferiore a 45 kg. e non esiste la possibilità di aumentarla per avaria al compressore o per altre cause. L'arresto è necessario per impedire entrata di combustibile negli accumulatori dell'aria compressa con gravi pericoli di scoppi.

Gli spazi morti dei cilindri del compressore devono avere il valore normale in quanto una variazione di essi altera il valore della pressione.

I valori normalmente adottati per le pressioni nei cilindri dei compressori sono:

A P	Kg.	60 - 70
M P	»	12 - 15
B P	»	3 - 4

La manutenzione delle valvole e relative molle del compressore, deve essere eseguita con la massima cura. Una deficiente lubrificazione può arrecare

degli inconvenienti durante il moto, od ossidazioni interne durante il periodo di inattività, per cui le scaglie di ruggine possono poi produrre rigature ai cilindri. Una lubrificazione eccessiva può invece produrre facilmente incrostazioni nella valvola di mandata della A P.

L'olio che si infiltra nella tubolatura di mandata va nella bombola di polverizzazione di servizio assieme all'acqua di condensazione. Occorre quindi spurgare periodicamente questa bombola per eliminare l'olio e l'acqua.

Se le valvole di mandata del cilindro A P. funzionano male e non tengono, diminuisce l'invio dell'aria alla bombola del polverizzatore, ed aumenta la pressione finale del compressore di M P. Così pure avviene per la bassa pressione quando funzionano male quelle della M P.

Se le valvole del cilindro B P funzionano male, ne risentono anche i compressori di M P e di A P i quali risultano meno efficienti.

Provvedere durante il funzionamento del motore al rifornimento del serbatoio d'aria per l'avviamento e del serbatoio di riserva.

Accertarsi che la combustione si svolga regolarmente in ogni cilindro sia aprendo le valvole di prova, sia dalle indicazioni dei termometri posti sullo scarico di ogni cilindro.

Curare che la potenza sviluppata sia uguale per tutti i cilindri seguendo le indicazioni dei manometri che dànno la pressione di ognuno di essi, oppure rilevando i diagrammi di pressione se il motore è sprovvisto di tali manometri. L'esatta ripartizione del carico si ottiene influendo sulle mandate delle pompe del combustibile.

Tanto le irregolarità nella suddivisione del carico, quanto quelle nella combustione sono accusate dal fumo allo scarico. Difatti se il motore è in condizioni normali il funzionamento, il fumo dello scarico deve essere incolore. In genere valgono le seguenti norme circa le indicazioni che si possono ottenere osservando il colore del fumo allo scarico:

a) Fumo nero: E' dovuto a polverizzazione imperfetta del combustibile o per eccesso di questo o per deficenza di aria di polverizzazione, o infine per cattivo funzionamento di qualche polverizzatore. Regolare le mandate del combustibile e quella dell'aria oppure verificare appena possibile i polverizzatori.

b) Fumo bluastro: Eccesso di lubrificazione interna, diminuirla leggermente e se l'inconveniente non viene eliminato verificare appena possibile gli anelli di tenuta degli stantuffi.

c) Fumo bianco: Eccesso d'aria ai polverizzatori. Regolare la mandata. Oppure perdita della camera di refrigerazione di qualche cilindro o del tubo di scarico e quindi infiltrazione d'acqua o in un cilindro o nello scarico.

La marcia del motore deve avvenire senza vibrazioni anormali. Le cause che producono vibrazioni possono essere:

1°) Lasco eccessivo o avaria a qualche cuscinetto di biella.

2°) Anticipo eccessivo dell'accensione.

3°) Cattiva tenuta degli spilli dei polverizzatori.

4°) Particolare andatura del motore alla quale corrisponde un periodo di vibrazioni eguali a quelle del copertino dove esso è sistemato.

5°) Cattiva accensione della miscela in alcuni cilindri motori.

Il consumo dell'olio non deve raggiungere il 10 % di quello del combustibile.

Il consumo di combustibile nei motori a quattro tempi deve essere compreso fra grammi 180 e 190 per HP effettivo, ed in quelli a due tempi fra grammi 210 e 220.

Con l'ausilio dei diagrammi indicanti l'andamento della pressione nei cilindri si possono riconoscere le cause di un eventuale maggior consumo.

AVVIAMENTO.

La manovra di avviamento dei motori endotermici varia alquanto da un tipo all'altro di macchina, o anche per uno stesso tipo se, come spesso accade, i vari esemplari non hanno le stesse disposizioni degli organi.

Le principali cause che possono produrre in genere difficoltà di avviamento possono essere:

1°) Pressione deficiente al serbatoio dell'aria di avviamento: il motore non si avvia o non acquista velocità.

2°) Valvole di avviamento a tenuta non perfetta e quindi contro pressioni allo stantuffo durante la corsa ascendente. Ciò spesso è dovuta a cattiva registrazione dei rulli delle leve di avviamento per cui questi sono sempre a contatto stretto col bocciolo porta camma impedendo la chiusura delle valvole.

3°) Il motore si avvia ad aria, ma non è possibile iniziare il funzionamento a combustione: Verificare il funzionamento e le mandate della pompa col combustibile.

Se il combustibile, arriva nei cilindri ma non brucia, ciò può dipendere da difetto di compressione nei cilindri dovuto a perdite attraverso le fasce elastiche dello stantuffo oppure ad eccessivo spazio morto inferiore. Altra causa di mancata accensione può essere la cattiva registrazione dei polverizzatori che si aprono con ritardo.

Oltre le poche cause citate ne esistono evidentemente innumerevoli altre ancora che non è possibile elencare.

L'avviamento di un motore deve essere sempre preparato con la massima cura ed eseguito attenendosi scrupolosamente alle istruzioni relative a ciascun tipo. In ogni caso, dopo un mancato avviamento non bisogna insistere « ciecamente », ma prima di tentarne un altro rendersi conto delle ragioni per cui il primo è mancato.

Così non si incorrerà nel rischio di scaricare inutilmente i serbatoi d'aria.

MANUTENZIONE E VERIFICHE PERIODICHE.

Ad ogni arresto del motore:

1°) Smontare e pulire i polverizzatori.

2°) Smontare e pulire le valvole dei compressori (aspirazione, mandata e di sicurezza).

3°) Verificare il regolare funzionamento degli organi per la inversione di marcia.

4°) Pulire i filtri d'olio.

5°) Verificare i premistoppa e rifare le guarnizioni dei giunti, che gocciolano e sfiatano.

6°) Verificare ed eseguire le riparazioni necessarie di tutte le tubazioni (combustibile, acqua, lubrificazione, aria).

7°) Eliminare le eventuali piccole irregolarità riscontrate durante il funzionamento.

Dopo 800 ore circa di funzionamento.

Tutti i lavori sopra elencati più i seguenti:

8°) Smontare tutte le valvole (scarico, aspirazione, avviamento) pulirle e smerigliarle.

9°) Verificare e registrare le valvole di mandata della pompa del combustibile.

10°) Pulire le pigne dell'aspirazione dell'acqua di raffreddamento ed i filtri del combustibile.

11°) Verificare la registrazione generale del motore e lo stato delle valvole di sicurezza.

Dopo 1200 o 1500 ore circa di moto.

Tutti i lavori sopra elencati più i seguenti:

12°) Pulizia e raschiatura interna dei cilindri e degli stantuffi. Verifica delle fasce elastiche (nel caso in cui si possa raschiare la superficie superiore degli stantuffi senza toglierli da posto, si deve aver cura di introdurre tra stantuffo e cilindro un filo di rame ricotto di diametro corrispondente al lasco esi-

stente (1 mm. circa), onde impedire che le scaglie dovute alla raschiatura si introducano tra stantuffo e cilindro sulla prima fascia elastica).

13°) Pulire i fori di scolo dell'olio di lubrificazione esistente sia sull'orlo inferiore dello stantuffo, sia sulla controfodera del cilindro.

14°) Pulire e verificare lo stato degli organi azionati dal servomotore ad aria compressa.

15°) Smontare gli stantuffi dei compressori ausiliari e di quello principale; verificare lo stato delle fasce elastiche, e sostituire quelle consumate e lesionate.

16°) Verificare lo stato delle superfici refrigeranti dei raffreddatori di B P e M P e dei compressori.

17°) Verificare e rettificare tutte le articolazioni (prima di rimontare gli organi smontati eseguire la pulizia dei fori e dei canali per la lubrificazione).

18°) Verificare lo stato di qualcuno fra i cuscinetti di banco scegliendo quelli che dànno luogo a qualche sospetto, oppure seguendo un criterio di periodicità di visita.

Dopo 2500 ore di moto.

Tutti i lavori elencati aggiungendo quanto segue:

19°) Pulire e raschiare le camere di raffreddamento dei cilindri.

20°) Controllare l'altezza dello spazio di compressione dei cilindri motori da m/m 24/35. Eseguire le opportune rettifiche.

21°) Controllare con fili di piombo gli spazi morti dei cilindri del compressore.

22°) Rilevare il lasco degli anelli reggispinta e confrontare la posizione dell'albero motore in relazione alle bielle motrici.

23°) Far controllare i termometri ed i manometri che non funzionano esattamente sostituendoli con quelli di riserva.

24°) Eseguire la pulizia interna delle casse d'olio e di quelle del combustibile.

25°) Pulire i silenziatori ed i condotti di scarico.

26°) Rifare a nuovo le camere di tenuta a truccioli di metallo bianco dei polverizzatori.

27°) Riprendere tutti i dadi dei perni di collegamento degli alberi motori e degli alberi di trasmissione, dei cilindri, delle incastellature, e dei cuscinetti di banco.

28°) Rettificare la distribuzione delle pompe di lavaggio.

29°) Rettificare le valvole di sicurezza sulle teste dei cilindri.

30°) Raschiare e picchiettare la superficie di raffreddamento dei cilindri motori e delle loro teste.

§ 124 — Gruppo elettrogeno da 150 Kw. - 220 Volt. con motore Ansaldo

CARATTERISTICHE PRINCIPALI (Figg. 347 e 348).

Questo gruppo di cui alcuni esemplari sono installati sulle RR. NN. tipo « TRENTO » è azionato con motore Ansaldo del tipo Diesel a quattro tempi, con sei cilindri verticali a semplice effetto, che sviluppa 225 HP effettivi a 390 giri al minuto.

La lubrificazione è forzata, ed effettuata mediante pompa a stantuffo, l'olio viene raffreddato attraverso un refrigerante, e filtrato per mezzo di un

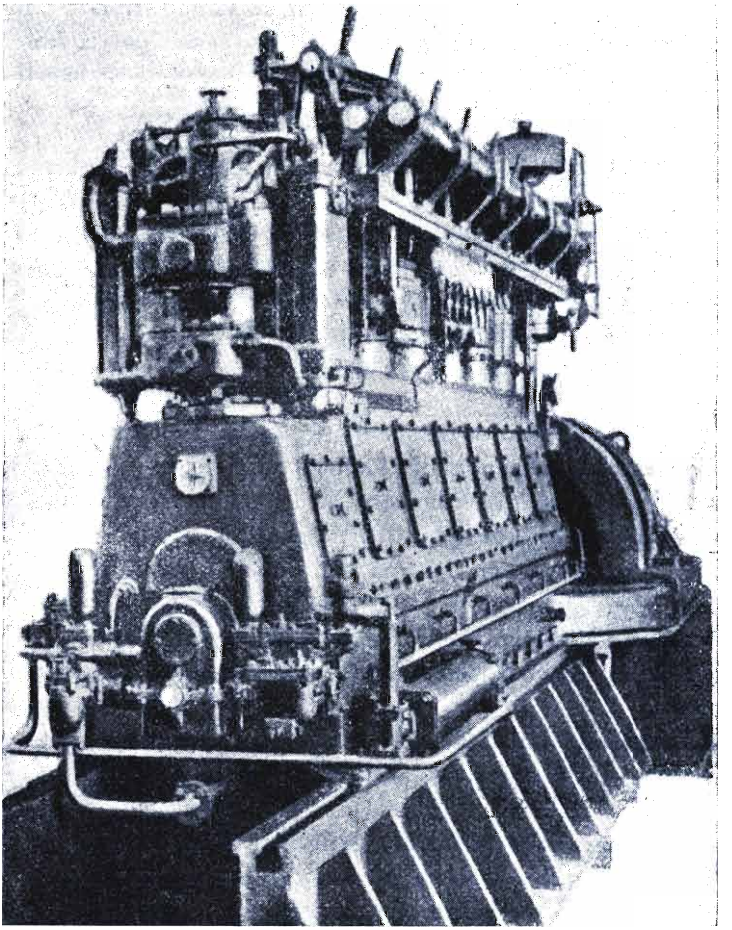


Fig. 347.

doppio filtro, in modo che durante il funzionamento si possa effettuare la pulizia di un elemento per volta. Ogni cilindro è alimentato da una propria pompa per combustibile. Queste pompe sono azionate dall'albero di distribuzione e la loro portata utile varia a seconda del carico per effetto del rego-

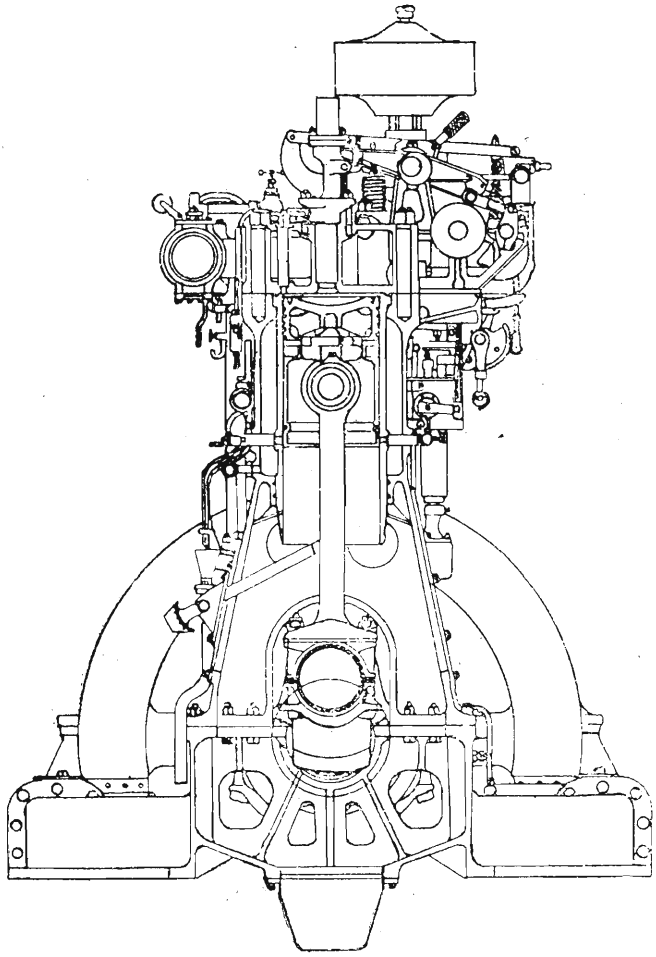


Fig. 348.

Motore sezionato attraverso il cilindro

latore di velocità. Questo agisce sulla valvola di aspirazione di ognuna di esse, in modo che resti aperta durante tutto il periodo delle compressioni per un tempo più o meno lungo.

Il regolatore di velocità è a forza centrifuga, molto semplice, e munito

di un dispositivo che permette la variazione del numero di giro del 5 % in più o in meno, senza alterarne la sensibilità.

La circolazione dell'acqua di raffreddamento è ottenuta mediante pompa a stantuffo a doppio effetto, azionata dall'albero a manovella, attraverso un riduttore del numero dei giri nel rapporto 2 ad 1.

Il consumo di combustibile ad andamento normale è:

A carico massimo	gr.	304	per Kwh
A 3/4 di carico	»	320	»
A mezzo carico	»	377	»

Il consumo orario di olio lubrificante con motore a carico massimo od a mezzo carico è di 0,4 Kg. di olio da cilindri, e circa 0,3 Kg. di olio comune.

Come combustibile di marcia si possono impiegare gli olii minerali greggi, i residui del petrolio ed anche la maggior parte dei prodotti liquidi della distillazione del carbone, purchè essi non contengano acidi o catrame ed abbiano densità compresa fra circa 0,88 e circa 0,95 alla temperatura di 15° C.

Per l'avviamento è preferibile impiegare un combustibile più fluido (densità da 0,85 a 0,87 circa a 15° C.) però ciò non è assolutamente necessario potendo il motore essere avviato anche con il combustibile di marcia.

Per la lubrificazione dei cilindri motori e dei cilindri compressori, occorre olio di qualità speciale non troppo denso.

Nel carter per la circolazione forzata si dovrà impiegare olio fluido di buona qualità.

MESSA IN FUNZIONE DEL MOTORE.

A) *Operazioni e verifiche preliminari.*

1°) Verificare con l'apposita sonda che l'olio nel carter, raggiunga almeno il livello minimo indicato dal segno sulla sonda.

Riempire con olio speciale per cilindri le due cassette per la lubrificazione interna dei cilindri motori e del compressore.

Ingrassare con olio tutti gli organi della distribuzione e cioè: camme, rulli, perni, leve, ecc.

2°) Provare ripetutamente con una leva se l'alzata delle valvole di aspirazione e di scarico si effettua liberamente e per tutta la corsa.

3°) Mediante l'apposito cricco a mano far girare il volante del motore fino a portare la camma che comanda la valvola di spinta nel cilindro N° 6

nella posizione corrispondente all'apertura della valvola (rullo a contatto col naso della camma).

Aprire poi il rubinetto del serbatoio del combustibile (o della nafta fluida speciale per avviamento se adoperata). Aprire la valvoletta di spurgo posto nel corpo delle valvole di mandata della nafta al polverizzatore.

4°) Portare nella posizione « 14 » l'indice del dispositivo della regolazione a mano della nafta posto all'estremità della leva del regolatore (leva tutto in basso). Far funzionare quindi la pompetta a mano per il combustibile applicata al corpo della pompa principale, verificando che dal tubetto di scarico, comunicante con la valvoletta di spurgo innanzi citata, venga fuori nafta fluida priva di bolle d'aria. Chiudere bene poi questa valvoletta e dare ancora tre colpi con la pompetta a mano, in modo da introdurre nel polverizzatore una quantità di combustibile sufficiente ad assicurare la pronta messa in marcia del motore.

5°) Controllare dai rispettivi manometri le pressioni esistenti nei serbatoi dell'aria di avviamento e in quelli dell'aria d'iniezione, tenendo presente che:

a) La pressione del serbatoio dell'aria d'iniezione deve essere alla messa in moto del motore, di circa 50 atmosfere (non superiori a 55 nè inferiori a 45).

b) La pressione nel serbatoio dell'aria di avviamento non deve mai essere superiore alle 60 atmosfere nè inferiore alle 40 atm.

Queste pressioni si riporteranno al valore voluto o scaricando l'aria in eccesso o, se la pressione è in difetto, aprendo la comunicazione dei serbatoi di servizio con quello di riserva, che dovrà essere sempre caricato a pressione di 60 - 70 atm.

B) *Manovra per l'avviamento.*

6°) Regolate le pressioni d'aria nei serbatoi ai valori innanzi esposti, e chiuse con cura le valvole di comunicazione fra i diversi serbatoi, si aprono successivamente le seguenti altre valvole:

a) valvola di comunicazione fra serbatoio d'aria di iniezione e mandata del compressore;

b) quella di comunicazione del serbatoio ora detto con i polverizzatori (fig. 349);

c) valvola fra serbatoio di avviamento e valvola di spinta dei cilindri motori (numero 4-5-6).

7°) Subito dopo l'apertura delle tre valvole ora dette, con rapida manovra si portano le leve per il comando delle valvole di spinta e dei polveriz-

zatori nella posizione « avviamento »; determinando così l'entrata dell'aria compressa nei cilindri motori e l'avviamento ad aria del motore.

8°) Appena il motore avrà raggiunta una velocità che sia circa un terzo di quella normale si portano le leve di comando dalla posizione di « Avviamento » alla posizione di « Marcia ». Con questa manovra si mettono in funzione i polverizzatori, ed il motore passa dal funzionamento ad aria a quello a combustione.

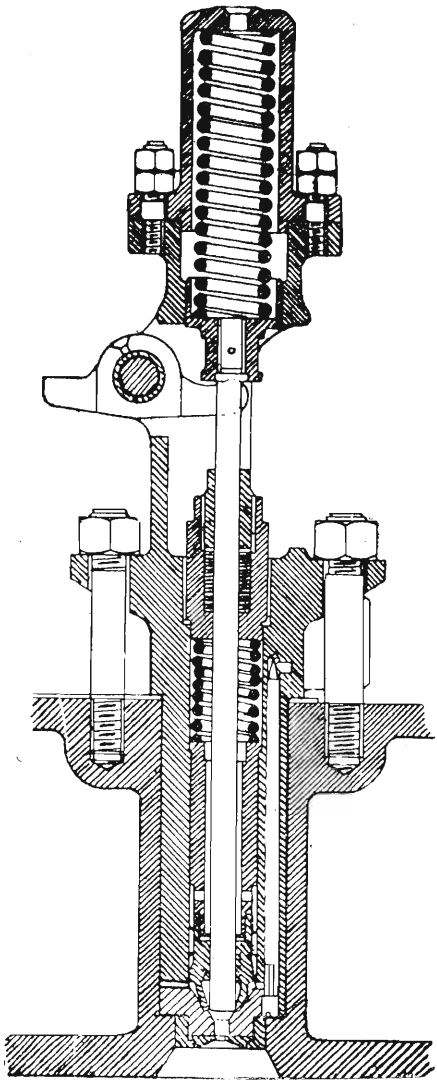


Fig. 349.
Polverizzatore

Mediante i rubinetti di prova, si controlla se la combustione avviene in modo regolare in ogni cilindro.

9°) Fino a che il motore non ha raggiunto il numero di giri normale, e quindi fino a che non entra in funzione il regolatore di velocità, le variazioni di velocità si fanno a mano mediante il dispositivo citato al N° 4.

10°) Quando il motore ha raggiunto la velocità normale, aprire subito la mandata dell'acqua di raffreddamento ai cilindri, al compressore ed al tubo di scarico.

11°) Controllare se la pompa per la lubrificazione forzata funziona regolarmente. (Il manometro deve indicare circa 2-3 atm. di pressione). Aprire e regolare i rubinetti dei lubrificatori a contagocce per la lubrificazione dei cilindri e del compressore. (Vedi N° 17).

12°) Mediante la valvola di regolazione posta sul compressore, regolare la mandata dell'aria compressa al serbatoio d'iniezione. (Vedi N° 15).

13°) Se l'avviamento è stato fatto con nafta fluida portare l'indice del rubinetto della nafta nella posizione « Marcia » con che si apre l'introduzione della nafta densa. Il motore è così pronto a funzionare sotto carico.

SORVEGLIANZA DEL MOTORE SOTTO CARICO.

14°) Appena il motore è sotto carico aprire tutta la valvola di mandata del compressore, in modo da rifornire, attraverso il serbatoio d'iniezione il serbatoio di avviamento, ed eventualmente quello di riserva per sopperire al consumo d'aria avuto nel periodo d'avviamento.

15°) La mandata d'aria al serbatoio di iniezione deve essere accuratamente sorvegliata e regolata in modo che le pressioni secondo i vari regimi siano le seguenti:

A vuoto e mezzo carico	58 - 60	atm.
A pieno carico	65	atm.
Con sovraccarico	70	atm.

In ogni caso l'indicazione più sicura per questa regolazione si ha dalla regolarità della combustione controllando a mezzo dello speciale rubinetto i gas di scarico i quali devono essere incolori. Come già è stato detto se i prodotti della combustione sono neri, la pressione deve essere aumentata: se sono bianchi e se inoltre si ha qualche mancata accensione la pressione deve essere diminuita.

E' da osservare però che il motore è munito di un tipo speciale di polverizzatore per cui si ha assenza completa di fumo, qualunque siano le velocità, il carico e le variazioni di andatura del motore.

16°) La temperatura dell'acqua di raffreddamento all'uscita del cilindro motore e della valvola di scarico non deve superare i 70° C. nè essere inferiore al 40° C.

La temperatura dell'acqua di raffreddamento all'uscita del compressore deve essere di circa 30° C.

Per aumentare la circolazione agire sulle due valvolette situate sulla pompa di circolazione.

17°) Assicurarsi sovente a mezzo dello speciale manometro della regolare circolazione dell'olio di lubrificazione alle manovelle ed alle bielle. Controllare anche la quantità d'olio per la lubrificazione dei cilindri motori, (circa 30 goccie a 1°), al cilindro compressore B.P. (circa 6 gocce al 1°), al cilindro compressore A. P. (circa 3 gocce al 1°). (Fig. 350).

18°) Verificare che le pressioni segnate dai manometri dell'olio prima e dopo il filtro, siano eguali o quasi; in caso di notevole differenza cambiare subito il filtro in servizio girando l'apposito rubinetto.

19°) Scaricare ogni ora circa, mediante l'apposito rubinetto, l'acqua depositatasi per condensazione nei refrigeranti tra fase e fase del compressore. Scaricare ogni 4 ore e mezzo della speciale valvola, l'acqua accumulatasi per condensazione nel serbatoio dell'aria compressa per la polverizzazione.

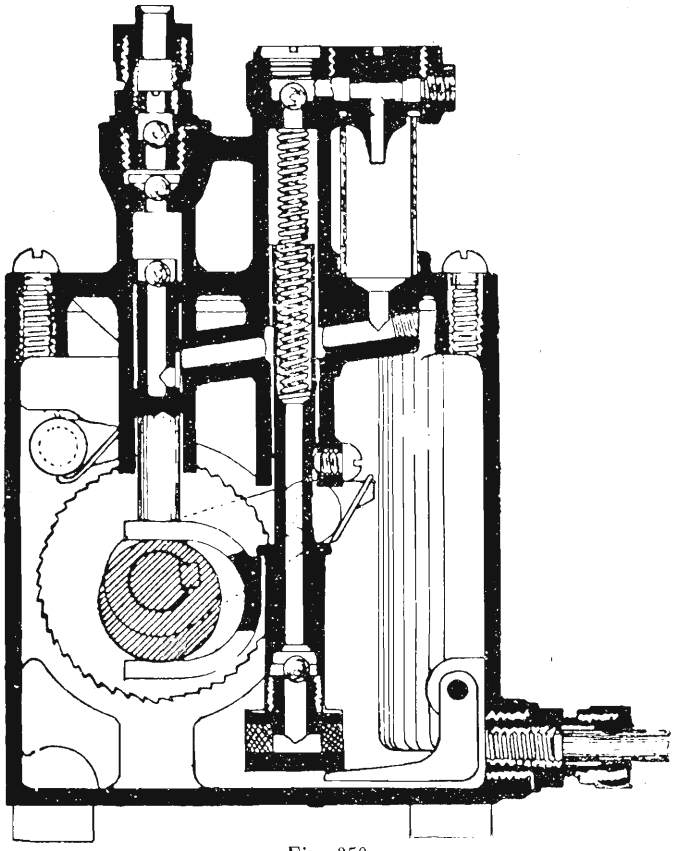


Fig. 350.

Oliatori per cilindri e compressore

20°) Tenere sufficientemente pieno il serbatoio di servizio del combustibile di marcia e giornalmente scaricare l'acqua eventualmente accumulatasi in detto serbatoio.

ARRESTO DEL MOTORE.

21°) E' bene che gli ultimi 5 minuti di marcia siano fatti alimentando il motore con combustibile fluido. Perciò circa 5 minuti prima della fermata del motore si porta l'indice del rubinetto del combustibile nella posizione

« Avviamento ». In tale periodo si verifichi che i serbatoi d'aria di avviamento e di riserva, siano caricati alla dovuta pressione di 60-70 atm.

22°) Per arrestare il motore si toglie il carico, si porta a « 0 » l'indice del dispositivo per la regolazione a mano del combustibile (con che la pompa cessa di funzionare), e si portano le leve di comando dei polverizzatori nella posizione « Ferma » chiudendo contemporaneamente il rubinetto del combustibile e la valvola di comunicazione del serbatoio di iniezione con i polverizzatori. Subito dopo chiudere l'acqua di circolazione e lubrificare con petrolio raffinato il gambo della valvola di scarico.

23°) Appena il motore è fermo, chiudere la valvola di comunicazione del serbatoio di iniezione con il compressore. Successivamente togliere le porte di visita praticate nell'incastellatura del motore per toccare col rovescio della mano i cuscinetti dell'asse di manovella, di piede e di testa della biella, e tutte le parti in genere sottoposte a sfregamento onde accertarsi che non vi siano stati riscaldamenti anormali. Dopo tali verifiche si rimettono a posto le porte di visita e si procede alle operazioni di manutenzione ordinaria precedentemente indicate.

MANUTENZIONI PERIODICHE.

Oltre le manutenzioni indicate per i motivi in genere, per questo tipo di motori occorrono le seguenti operazioni:

24°) Se vi è la possibilità che durante i periodi di inattività del motore la temperatura ambiente discenda, per particolari condizioni di clima e di ubicazione del motore, al di sotto di 4° C. si debbono vuotare le camere dell'acqua di circolazione dei cilindri motori e del compressore e tutte le tubature relative.

25°) Se il motore non è messo in funzione per un periodo piuttosto lungo, bisogna due volte alla settimana farlo girare a mano e fermarlo poi in posizione diversa di quella iniziale.

26°) Ogni tre settimane circa, nel caso di funzionamento non continuativo, e ogni due settimana circa, nel caso di funzionamento continuativo, smontare le valvole di scarico ed eseguire la pulizia e la smerigliatura. Le stesse operazioni si faranno per le valvole di aspirazione, per gli aghi dei polverizzatori e per le valvole di spinta, ma ad intervalli di tempo doppi.

27°) Ogni sei mesi circa, smontare gli stantuffi per assicurarsi che le fasce elastiche non siano inchiodate. In caso di inchiodamento si batteranno leggermente con mazzuole di legno, dopo avervi versato sopra un po' di petrolio. Rimontando lo stantuffo si dovrà, tenendo la manovella al punto morto superiore, misurare lo spazio tra lo stantuffo ed il coperchio del cilindro; la

misura deve corrispondere al valore indicato nella tabella appresso riportata. Nel caso che lo spazio risultasse maggiore, si aggiungerà uno spessore al piede della biella.

28°) Ogni tre mesi circa sfilare lo stantuffo del compressore per verificare che gli anelli elastici siano a perfetta tenuta. Si controllerà l'altezza di compressione nella maniera indicata per lo stantuffo motore. Si smeriglieranno le valvole di aspirazione e mandata.

29°) Ogni sei mesi smerigliare con cura le valvole delle pompe del combustibile e verificare le guarnizioni dei premistoppa degli stantuffi e delle aste di regolazione.

30°) Pulire spesso i filtri dei serbatoi di servizio del combustibile, lavandoli con petrolio raffinato. Una volta all'anno si vuoteranno i depositi e si puliranno con cura.

31°) Di regola l'olio nel carter si cambia quando la sua densità è aumentata e quindi la pompa fatica ad aspirarlo ed il filtro si ostruisce con facilità. L'olio estratto dopo filtrato, potrà essere impiegato per lubrificazione di organi esterni di macchinari di secondaria importanza.

32°) Dopo ogni lavoro riguardare gli organi della distribuzione e verificare la registrazione in base alla tabella appresso riportata.

Distribuzione

MOTORE	Cil N.	1	2	3	4	5	6
POLVERIZZATORE							
Apert. prima P. M. S.	Gradi	4	4	4	4	4	4
Chius. dopo P. M. S.	»	38	38	38	38	38	38
Alzata	m/m	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Gioco fra rullo e camme . . .	»	0,5	0,5	0.5	0,5	0,5	0,5
VALVOLA AVVIAMENTO							
Apert. prima P. M. S.	Gradi	—	—	—	—	—	—
Chius. dopo P. M. S. . . .	»	—	—	—	—	—	—
Alzata	m/m	—	—	—	5	5	5
Gioco fra rullo e camme . . .	»	—	—	—	2,5	2,5	2,5
VALVOLA ASPIRAZIONE							
Apert. prima P. M. S.	Gradi	10	10	10	10	10	10
Chius. dopo P. M. I.	»	22	22	22	22	22	22
Alzata	m/m	17	17	17	17	17	17
Gioco fra rullo e camme . . .	»	1	1	1	1	1	1
VALVOLA SCARICO							
Apert. prima P. M. I.	Gradi	50	50	50	50	50	50
Chius. dopo P. M. S. . . .	»	6	6	6	6	6	6
Alzata	m/m	17	17	17	17	17	17
Gioco fra rullo e camme . . .	»	1	1	1	1	1	1

Pompa combustibile — Corsa m/m 14 diam. stantuffo m/m 9

MOTORE	Cil N.	1	2	3	4	5	6
Ugello polverizzatore	m/m	3	3	3	3	3	3
Gioco fra cop. e fondo polv. .	»	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Compressione	Kg.	37	37	37	37	37	37
Gioco fra stantuffo e coperchio	m/m	10	10	10	10	10	10
Spess. agg. biella motore . . .	—	—	—	—	—	—	—
» » » compress. .	—	—	—	—	—	—	—
Apert. valv. aspir. pompa combustibile	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

PARTE ELETTRICA.

La dinamo. — La dinamo del complesso ha le caratteristiche seguenti:

Potenza 150 Kw.
Tensione 220 Volt.
Eccitazione in derivazione
Poli principali - 8
Poli ausiliari - 8.

La ventilazione viene effettuata mediante una ventola calottata sull'asse del motore della parte del motore.

Manca la circolazione dell'acqua intorno ai cuscinetti, trattandosi di macchina a bassa velocità.

La lubrificazione dei cuscinetti è fatta mediante tubolature derivate sulla circolazione dell'olio del motore.

Il numero dei giri (390) varia del 5 % fra la marcia a vuoto e quella a pieno carico.

La macchina può sopportare un sovraccarico del 15 % circa (790 ampère per due ore) e del 20 % (820 ampère per 10 minuti).

Il piano di commutazione rimane invariato e qualsiasi regime di carico fra zero e il 20 % di sovraccarico.

§ 125 — Motore Diesel Tosi senza compressore tipo A da 50 HP

CARATTERISTICHE.

Il motore (vedi fig. 351) è a quattro tempi, con tre cilindri a semplice effetto.

La polverizzazione del combustibile ha luogo meccanicamente anzichè per insufflazione di aria compressa.

Velocità di regime: . . . giri.
L'avviamento viene eseguito ad aria compressa.

Le dimensioni dei cilindri motori sono:

Diametro del cilindro m/m 190.
Corsa dello stantuffo m/m 270.

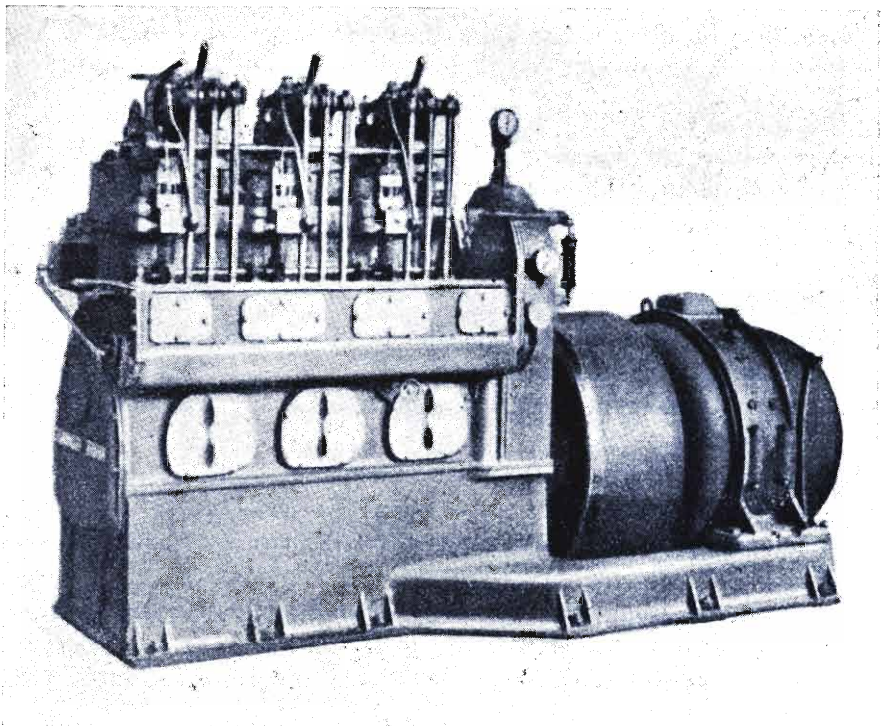


Fig. 351.

DATI PRINCIPALI PER LA REGISTRAZIONE.

a) Lo spazio di compressione, misurato dalla distanza che si ha al punto morto superiore fra il bordo dello stantuffo ed il fondo della camera delle valvole deve essere di m/m 9.

A tale valore corrisponde una pressione finale di compressione a caldo di 35 atm.

b) Corsa utile della pompa del combustibile: m/m 10.

c) Le fasi di apertura e di chiusura delle valvole risultano dallo specchio riportato: esse si intendono misurate, per l'aspirazione, lo scarico e l'avviamento, dal momento in cui i rulli dei puntali vanno a contatto con le relative camme. Per l'iniezione del combustibile, dal momento in cui il rullo che azione la pompa del combustibile è premuto dalla camma.

VALVOLE MOTORE	Gioco al rullo	A p r e	C h i u d e
Aspirazione . . .	m/m 0,5	30° pr. P. M. sup.	30° dopo P. M. inf.
Scarico	» 0,5	45° pr. P. M. inf.	30° dopo P. M. sup.
Avviamento . . .	» 1	Circa al P. M. sup.	135° dopo P. M. sup.
Pompa combustibile	» 0,2	Inizio corsa 20° pr. P. M. sup.	—
Iniezione	» —	Automaticamente	Automaticamente

Prima di rilevare le fasi è necessario assicurarsi che il gioco ai rulli sia quello indicato e ciò si fa sollevando i puntali di comando delle valvole e misurando con sonde la distanza fra i rulli e la parte cilindrica delle camme, regolandosi come segue circa la posizione da dare agli stantuffi motori.

Valvola di scarico. — Leva di manovra in una posizione qualsiasi. Il gioco si determina quando lo stantuffo motore si trova in un punto qualsiasi della corsa di compressione o alla fine della corsa di aspirazione o all'inizio della corsa di combustione ed espansione.

Valvola di avviamento. — Leva di manovra nella posizione più bassa (avviamento). Il gioco si determina quando lo stantuffo si trova in un punto qualsiasi delle corse di aspirazione, compressione, scarico.

Valvola di aspirazione. — Leva di manovra nella posizione più alta (marcia). La camma di aspirazione è a due gradini (fig. 352).

Il più alto (A) serve per l'aspirazione di aria, il più basso (B) affiancato all'altro, serve durante l'avviamento per la decompressione, cioè per scaricare l'aria nella fase di compressione onde agevolare l'avviamento stesso.

Il gioco indicato si deve misurare sul profilo della camma (B) cioè una cinquantina di gradi dopo il P. M. inferiore alla fase di aspirazione.

Questa posizione è quindi la stessa di quella in cui, come si è detto, si regola il gioco della valvola di scarico.

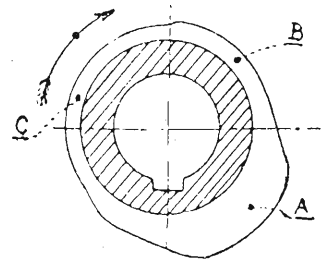


Fig. 352.

Pompa combustibile. — Il gioco indicato viene misurato fra la parte cilindrica della camma ed il rullo di comando dello stantuffo della pompa combustibile. Tale gioco va misurato quando lo stantuffo motore si trova in un punto qualsiasi della corsa di aspirazione o all'inizio della fase di compressione od al termine della fase di scarico.

Nella posizione già indicata per la valvola di aspirazione (una cinquantina di gradi dopo il P. M. inferiore della fase aspirazione) si possono quindi determinare i giochi di tutte le valvole tenendo conto di quanto più sopra è stato detto circa la posizione della leva di manovra.

Valvola di scarico (fig. 353). — Gioco misurato sulla valvola 0,8 m/m; posizione della leva di manovra: qualsiasi. Posizione dello stantuffo motore: durante la corsa di compressione; all'inizio della corsa di aspirazione.

Si svita il dado O, si solleva l'estremità della leva N e si misura il gioco tra l'estremità della leva ed il pezzo M. Il gioco può essere variato avvitando e svitando il pezzo S. Si rimette a posto il dado O.

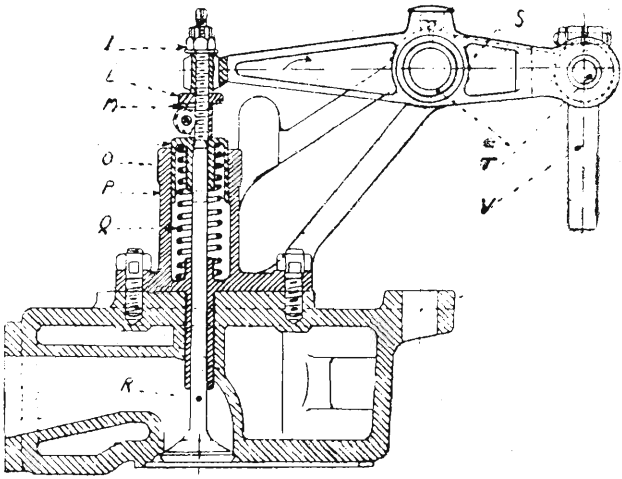
Valvola di aspirazione (fig. 353). — Gioco misurante sulla valvola 0,8 m/m. Posizione della leva di manovra: marcia. Posizione dello stantuffo motore: circa 50° dopo il P. M. inferiore della fase di aspirazione-compressione.

Procedimento identico a quello indicato per la valvola di scarico.

Valvola di avviamento (fig. 354). — Gioco sulla valvola 0,6 m/m. Posizione leva di manovra: avviamento. — Posizione dello stantuffo: durante le corse di aspirazione, compressione, scarico.

Si svita il dado D e sollevando l'estremità della leva Z si misura il gioco tra essa ed il pezzo C avvitato sull'asta della valvola.

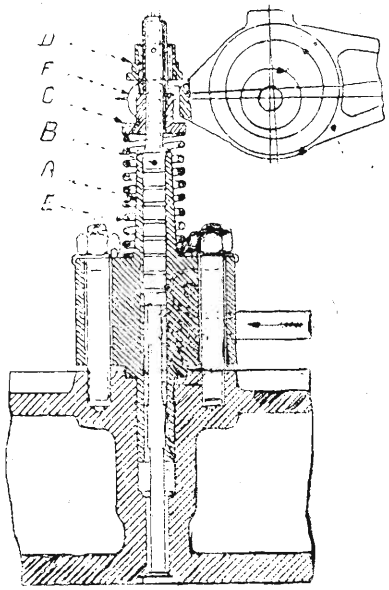
Si rimette a posto il dado D.



Q Molla
R Asta valvola
S Leva per valvola
T Perno del puntale
V Perno pel puntale
M Dado di regolazione
I Controdado
L Rosetta di controdado
O Contromolla
P Cavallotto

Fig. 353.

Valvola d'ammissione - Valvola di scarico



A Corpo per valvola d'avviamento
B Asta valvola d'avviamento
C Dado di regolazione
D Contro dado
E Molla
F Leva

Fig. 354.

Valvole d'avviamento

ISTRUZIONI PER L'AVVIAMENTO.

A) *Operazioni preliminari.*

1°) Togliere gli astucci nei quali saranno introdotte le « sigarette » di accensione.

2°) Aprire i rubinetti del serbatoio dell'olio fluido di avviamento.

3°) Verificare la pressione della bombola di avviamento (18-25 atm.).

4°) Eseguire il riempimento delle tubazioni del combustibile.

Per compiere tale operazione gli stantuffi delle pompe del combustibile non devono essere sollevati dalle camme di comando. E' necessario poi che le leve di manovra siano in posizione di marcia, e le valvolette di prova del combustibile siano aperte. Per eseguire il riempimento si azioneranno con la leva di manovra a mano, gli stantuffi delle pompe finchè dai tubi di scarico delle valvolette di prova si vedrà defluire il combustibile non accompagnato da bolle d'aria. Si chiudono allora le valvolette di prova.

Il riempimento è ben fatto quando, a valvole di prova chiuse, non è possibile sollevare gli stantuffi delle pompe.

Non si deve sostituire od allungare la leva appositamente fornita per tale manovra onde non sforzare eccessivamente la pompa.

5°) Colle leve di manovra in posizione intermedia (fermo) girare a mano il volano fino a portare una manovella in posizione di avviamento (circa 25° dopo il P. M. della fase di iniezione).

6°) Aprire la mandata dell'acqua di raffreddamento.

7°) Mettere la leva di manovra in posizione di avviamento.

8°) Chiudere i rubinetti indicatori.

B) *Avviamento.*

1°) Accendere le sigarette ed introdurre rapidamente nel proprio alloggio gli astucci, avvitandoli completamente.

2°) Aprire la valvola di avviamento della bombola d'aria compressa: il motore inizia il movimento.

3°) Quando il motore ha assunto una sufficiente velocità spostare rapidamente le leve di manovra dalla posizione di avviamento a quella di marcia (tutta in alto).

4°) Chiudere quindi la valvola della bombola d'avviamento.

5°) Verificare la circolazione dell'olio per la lubrificazione.

6°) Sorvegliare il funzionamento del regolatore di velocità.

7°) Passare dall'alimentazione con il combustibile fluido d'avviamento a quella con il combustibile di servizio.

NORME PER IL FUNZIONAMENTO.

Lubrificazione. — Regolare i lubrificatori a « contagocce » di ogni cilindro motore a 15-20 gocce al minuto.

Verificare frequentemente il funzionamento della lubrificazione forzata; la pressione dell'olio deve essere di 0,4 - 0,5 atmosfere, ed è regolabile mediante una valvola, situata nella parte anteriore del motore.

Raffreddamento. — L'acqua di raffreddamento deve uscire a circa 50° dalla camera valvole. Se l'acqua è eccessivamente salmastra e si teme la formazione di incrostazioni eccessive nella camera è conveniente tenere una temperatura inferiore.

Riempimento del serbatoio d'aria di avviamento. — (Da eseguirsi a motore funzionante a vuoto e subito dopo l'avviamento).

1°) Si apre la valvola di caricamento situata sulla bombola e si verifica l'indicazione del manometro.

2°) Si mette la leva di manovra del cilindro motore che porta la valvola di caricamento d'aria nella posizione intermedia (fermo).

3°) Girando l'apposito volantino si permette il funzionamento della valvola di caricamento.

Nel motore ad un solo cilindro, quando la velocità sia notevolmente diminuita senza avere ottenuto la pressione desiderata nella bombola, occorre chiudere la valvola di caricamento sul cilindro e riportare la leva di manovra nella posizione più alta (marcia).

Il motore riacquista in pochissimo tempo la sua velocità normale e l'operazione di caricamento dei serbatoi può essere ripresa con le norme precedentemente indicate.

4°) Ottenuta la pressione d'aria desiderata si chiude prima la valvola di caricamento del cilindro, manovrando il volantino, poi la valvola sistemata sulla bombola ed in fine si mette la leva di manovra nella posizione di marcia.

ARRESTO DEL MOTORE.

Operazioni preliminari.

Negli ultimi 10 minuti si alimenta il motore con combustibile più fluido (quello di avviamento).

Manovra per l'arresto del motore.

1°) Mettere le leve di marcia di tutti i cilindri in posizione di fermo (il motore si ferma).

2°) Quando il motore sta per fermarsi aprire le valvole di decompressione.

Dopo l'arresto del motore.

1°) Aprire le valvolette di prova del combustibile.

2°) Chiudere le valvole del serbatoio del combustibile.

3°) Dopo 10 minuti arrestare la circolazione dell'acqua.

4°) Assicurarsi che le valvole del serbatoio d'aria di avviamento siano ben chiuse.

5°) Scaricare l'acqua del motore se esiste possibilità di gelo.

MANUTENZIONE.

Le revisioni periodiche principali sono:

Ogni 200 ore di funzionamento smontare le valvole d'iniezione, pulire gli ugelli e le aste, e smerigliare se occorre. Pulire i diaframmi delle camere delle valvole.

Se il motore viene alimentato con olio di densità superiore a 0,900 la pulizia dei diaframmi deve essere eseguita con maggior frequenza.

Ogni 300 ore di funzionamento pulire i filtri del combustibile, sistemati accanto ad ogni pompa, e le pigne di aspirazione delle pompe Mac-Cord.

Ogni 600 ore di funzionamento pulire ed eventualmente smerigliare le valvole di scarico, pulire i fondi degli stantuffi, le camere valvole, pulire il filtro dell'olio di lubrificazione.

Ogni 1200 ore pulire le valvole di avviamento, le valvole di aspirazione.

Ogni 1800 ore di funzionamento smontare gli stantuffi per la verifica delle fasce elastiche.

Togliere periodicamente le incrostazioni lasciate dall'acqua di raffreddamento sulle superfici refrigeranti delle camere valvole e delle camice, valendosi anche di una soluzione al 30 % di acido cloridrico.

§ 126 -- **Gruppo elettrogeno da 18 Kw. - 115 Volt - 550 giri con motore a testa calda — S. Giorgio** (*Figg. 355 - 356 - 357*)

NORME PER IL FUNZIONAMENTO.

A) *Avviamento.* — Assicurarsi che nel carter vi sia sufficiente quantità di olio di lubrificazione, osservando l'indicatore di livello 47 (fig. 356).

Chiudere la valvola di non ritorno girando il volantino nel senso « avviamento ». Aprire il rubinetto del serbatoio del combustibile 56 (fig. 357).

Assicurarsi che arrivi al motore l'acqua per il raffreddamento.

Accendere le lampade a petrolio 48 (fig. 357) che servono al riscaldamento delle teste, procedendo nel seguente modo:

a) Riempire circa a metà o a tre quarti il serbatoio di petrolio 56 il quale è munito di manometro, pompetta a mano, valvoletta di scarico d'aria, tappo di riempimento, e di due rubinetti per i tubi di mandata del petrolio ai becchi delle lampade.

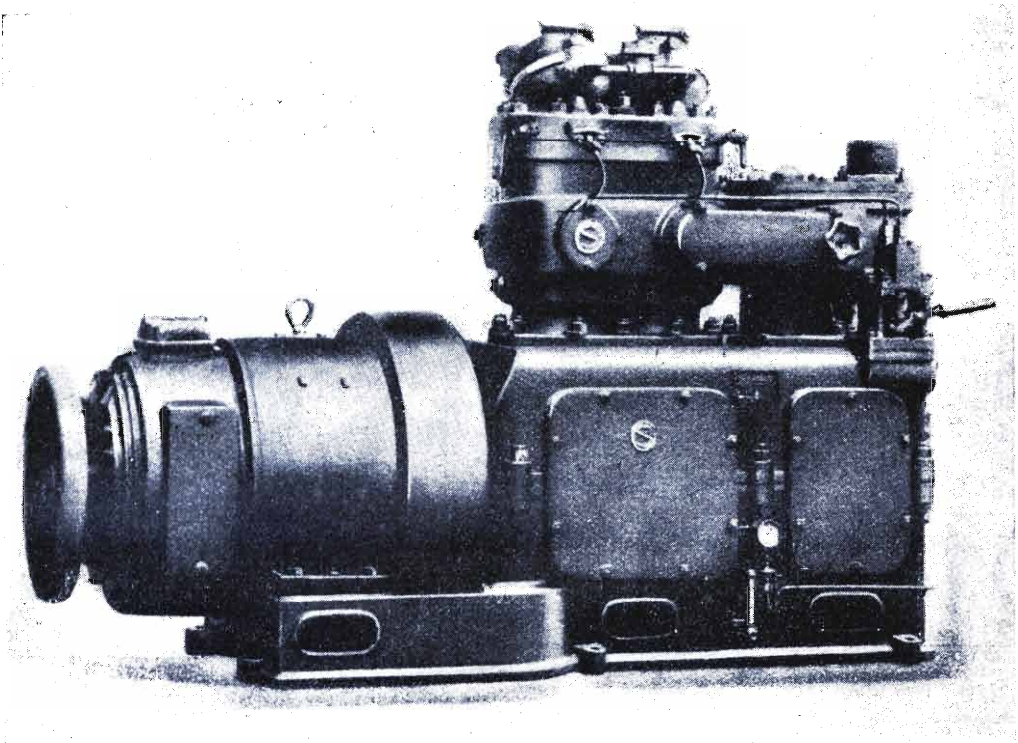


Fig. 355.

b) Chiudere le spine di regolazione dei becchi gassificatori 48, e la valvoletta di scarico d'aria del serbatoio.

c) Mettere del cotone impregnato di petrolio nelle vaschette esistenti sotto i becchi gassificatori, ed accenderlo.

d) Quando il cotone è quasi completamente bruciato, far funzionare la pompa a mano del serbatoio fino ad ottenere in esso una pressione di 4 Kg./cm^2.

e) Aprire lentamente le spine di regolazione dei becchi fino ad ottenere una potente fiamma.

Se non si riesce ad ottenere una buona fiamma, bisogna ripulire con la apposita spina l'ugello del becco gassificatore.

Durante il periodo in cui le lampade sono accese, i coperchi 13 di protezione delle calotte d'accensione debbono essere aperti:

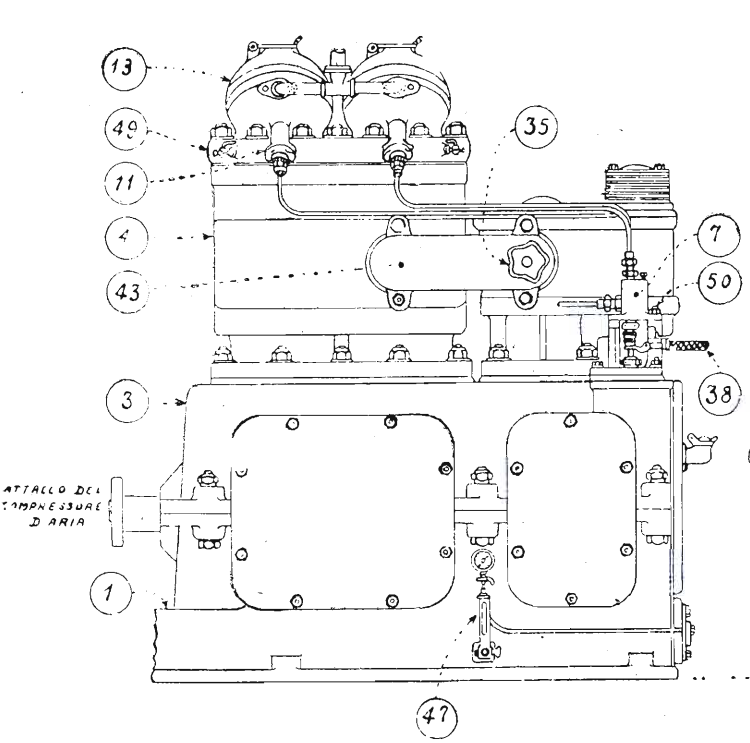


Fig. 356.

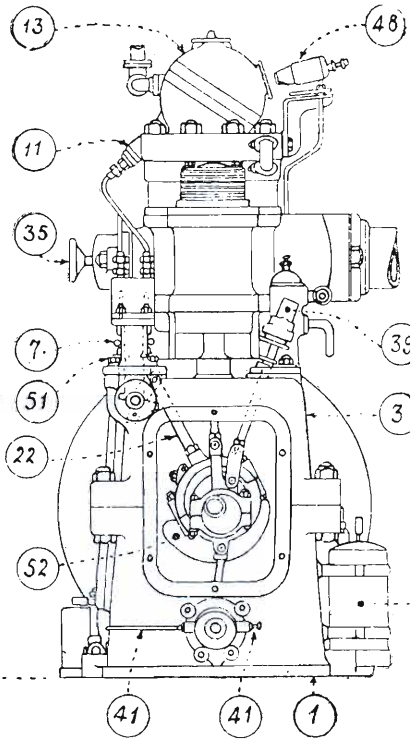


Fig. 357.

Motore a testa calda S. Giorgio da 18 KW.

Vista di fronte — Vista di fianco

Per avviare il motore, occorre:

1°) Tenere le lampade in funzione fino a che le calotte di accensione siano ben riscaldate ed abbiano assunto un colore rosso cupo (sono necessari circa 10-15 minuti).

2°) Aprire i rubinetti di spurgo 49 dei cilindri (fig. 356), e portare in alto una qualunque delle frecce tracciate sul volante del motore, che indicano il senso normale di rotazione.

3°) Azionare le pompette a mano della nafta mediante le leve 38, finchè si vedono uscire dei vapori bianchi dai rubinetti 49 di spurgo del motore. Poi:

4°) Far compiere al volano mezzo giro o un giro, a mano, allo scopo di rinnovare l'aria nei cilindri; riportare sempre una delle due frecce in alto.

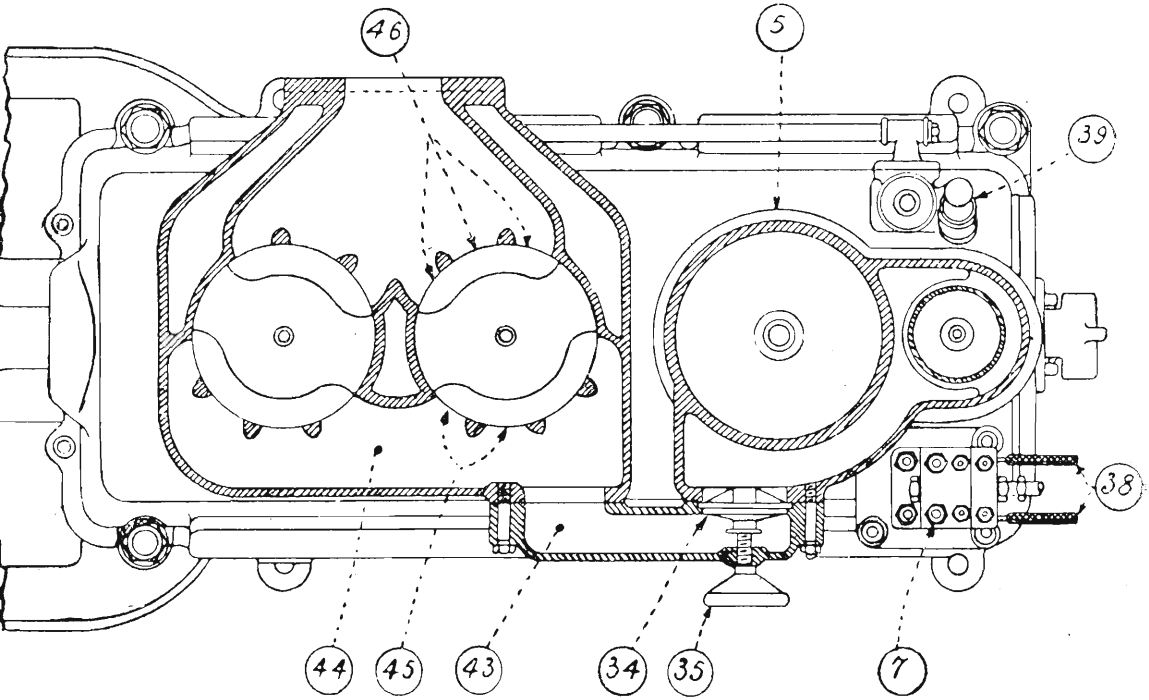


Fig. 358.

Motore a testa calda S. Giorgio da 18 KW.

5°) Chiudere i rubinetti di spurgo dei cilindri.

6°) Azionare di nuovo le pompette a mano del combustibile in modo da iniettare nei due cilindri una pompata di nafta.

7°) Portare le maniglie 38 delle pompette in alto (posizione di « marcia »).

8°) Avviare il motore facendo oscillare (non girare) a mano il volano, e dando sempre uno strappo più vigoroso da sinistra a destra, cioè come se si dovesse avviare il motore in senso contrario a quello normale di rotazione.

Se le calotte d'accensione sono state ben riscaldate e se la nafta arriva regolarmente ai cilindri, il motore parte subito nel giusto senso.

Nel caso in cui il motore stentasse a partire, o partisse in senso contrario, si aprono i rubinetti di spurgo dei cilindri e si ripete poi tutta l'operazione sopra descritta a cominciare dal N° 4.

Appena il motore si mette in moto, assicurarsi che circoli l'acqua di raffreddamento; aprire e subito richiudere i rubinetti di spurgo 49, per controllare che tutti e due i cilindri funzionino regolarmente. Ciò fatto, aprire la valvola di non ritorno, girando il volantino 35 (fig. 358) nel senso di « Marcia », dopo di che si può dare il carico al motore.

Se il motore si mette in marcia con un solo cilindro, abbassare la maniglia della pompa della nafta corrispondente al cilindro che funziona. Con ciò può darsi che, mentre il motore rallenta, entri in funzione anche l'altro cilindro. Se ciò accade si attende che il motore raggiunga nuovamente la velocità di regime, e poi si rimette in funzione anche il cilindro che era stato escluso controllando nuovamente gli scoppi dai rubinetti di spurgo.

Se uno o tutti e due i cilindri avessero un funzionamento intermittente, ciò è da attribuire ad aria nelle pompe di combustibile. Si provvede a scaricarla svitando di poco i tappi 50 (fig. 360) delle valvole di aspirazione delle pompe (pur lasciando il motore in moto), facendo così uscire una certa quantità di combustibile.

Dopo di essersi assicurati del regolare funzionamento del motore, spegnere le lampade di riscaldamento, chiudendo le spine di regolazione, e scaricare la pressione del serbatoio 56, mediante l'apposita valvoletta.

Chiudere i coperchi 13 di protezione delle calotte di accensione.

Osservare che il manometro sulla tubatura dell'olio segni la dovuta pressione: questa, appena messa in moto il motore, deve essere di circa 2-6 Kg./cm^2, a seconda della temperatura dell'olio. La pressione scenderà poi a circa 0,5-1 Kg./cm^2, quando, dopo un certo tempo il funzionamento le parti meccaniche del motore avranno raggiunto la temperatura di regime.

La temperatura dell'acqua di raffreddamento all'uscita del motore può arrivare fino a 80° circa.

Durante la marcia le calotte 12 (fig. 359) delle teste calde raggiungono una temperatura tale cui corrisponde un colore rosso ciliegia scuro funzionando a pieno carico, ed un rosso ciliegia chiaro nel funzionamento a vuoto.

Durante il funzionamento e dopo che il motore si è riscaldato, se la combustione avviene regolarmente, i gas di scarico, sono di colore chiaro a carico normale e quasi invisibili a vuoto.

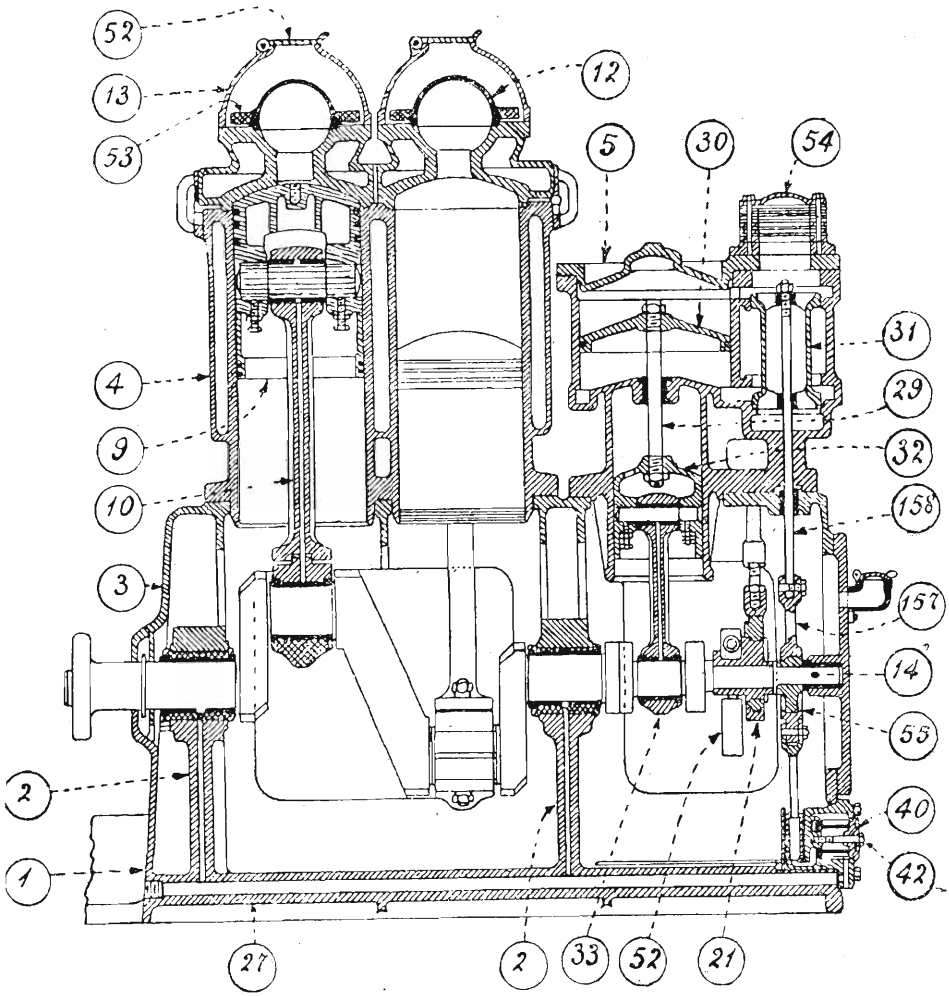


Fig. 359.

Motore a testa calda S. Giorgio da 18 KW.

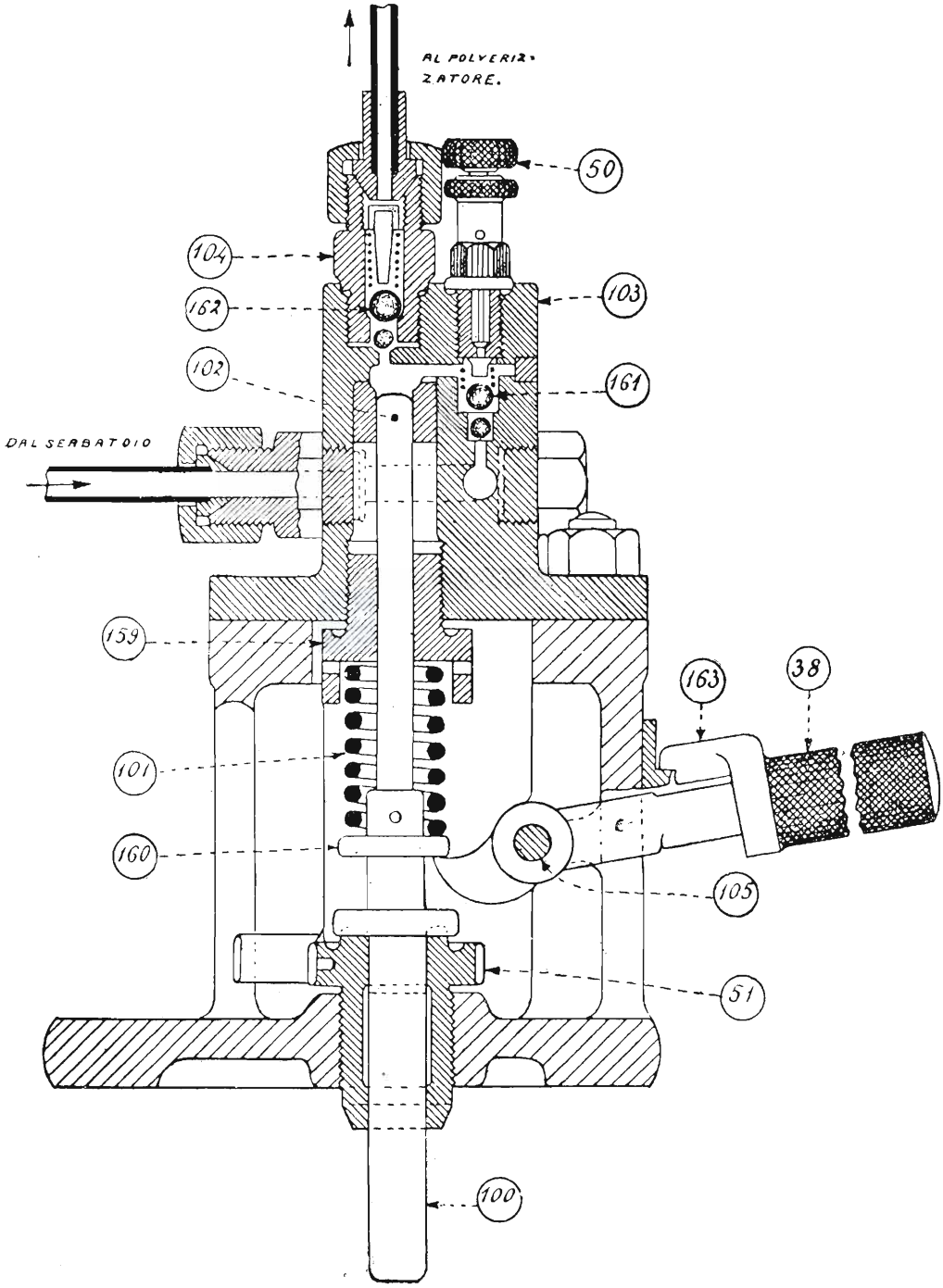


Fig. 360. — *Motore a testa calda S. Giorgio da 18 KW.*

B) *Arresto.* — Per fermare il motore, bisogna portare la maniglia 38 della pompa del combustibile in basso, impegnandole sotto appositi arresti. Quando il motore è fermo bisogna chiudere il rubinetto di mandata del serbatoio del combustibile.

Se il motore deve rimanere fermo parecchio tempo bisogna scaricare l'acqua di raffreddamento dei cilindri mediante l'apposito rubinetto.

C) *Regolazione.* — Per la regolazione della velocità esiste un regolatore centrifugo mediante il quale è assicurata una costanza del numero di giri di circa 5 % fra la marcia a vuoto e quella a pieno carico.

L'esatta suddivisione del carico fra i due cilindri viene constatata sia dal rumore degli scoppi che debbono essere tutti pressochè di eguale intensità, sia dal colore delle due teste.

Se si riscontrano delle diversità di funzionamento fra i due cilindri, bisogna eliminarle registrando la pompa del combustibile che alimenta il cilindro da regolare. La regolazione si effettua mediante i dadi a corona 51 (fig. 357), cioè svitandoli un poco, se occorre diminuire l'alimentazione del cilindro, ed avvitandoli nel caso contrario.

Se il numero dei giri è poco diverso dal normale 550, si può riportare al valore esatto svitando oppure avvitando assieme i detti dadi a corona dentata, di un dente per volta, avendo cura di non avvitarli troppo perchè ciò potrebbe escludere il funzionamento del regolatore di velocità e quindi far precipitare il motore quando il carico viene tolto.

Se variando la posizione dei dadi a corona non si riesce a regolare il numero dei giri al valore esatto, occorre allora registrare la molla 19 del regolatore, e cioè avvitare il manicotto 18 della molla (fig. 361) se si vuol aumentare il numero dei giri, e svitarlo nel caso contrario.

Se il numero dei giri si abbassa fortemente col carico pur funzionando entrambi i cilindri, vuol dire che la molla del regolatore non è ben regolata e precisamente è troppo compressa se avvitando i dadi a corona 51 (qando il motore è sotto carico) il numero dei giri aumenta, oppure se, togliendo il carico, il motore tende a precipitare. E' invece troppo distesa se pur avvitando i dadi a corona fino in fondo, la velocità non aumenta.

D) *Manutenzione.* — Ogni otto giorni si deve smontare e pulire il filtro dell'olio, della pompa di lubrificazione.

Pulire le calotte di accensione a periodi più o meno lunghi secondo la qualità del combustibile usato. Quando dal tubo di scarico del motore si vedono uscire abbondanti quantità di faville, e quando i gas di scarico diventano scuri, è segno che le calotte sono sporche.

E) *Regolarità di funzionamento.* — Se il motore non si avvia, e non esiste alcuna avaria evidente conviene verificare nell'ordine seguente:

1°) Se le calotte d'accensione sono sufficientemente calde (al colore rosso cupo).

2°) Se il rubinetto del serbatoio del combustibile è aperto.

3°) Se la nafta arriva alle pompette (per verificare ciò basta svitare i tappi 50 delle valvole di aspirazione che si trovano sul corpo delle pompe stesse).

4°) Se le maniglie delle pompe del combustibile sono nella giusta posizione di marcia, cioè in alto.

5°) Se la nafta arriva alle teste dei cilindri motori. Per accertarsi di ciò occorre aprire i rubinetti di spurgo dei cilindri, girare il volano in modo che una delle frecce capiti in alto, pompare a mano fino a che i tubetti dei polverizzatori siano pieni di nafta.

Se le calotte sono calde si vedranno allora uscire dai rubinetti densi vapori bianchi.

Se le pompe presentano una forte resistenza ad essere azionate a mano, vuol dire che i polverizzatori sono ostruiti, quindi occorre smontarli e ripulirli.

Per meglio verificare il funzionamento dei polverizzatori si smontano e si avvitano nuovamente ai relativi tubetti delle pompe, ma fuori dei cilindri in modo che pompando a mano, si possa verificarne il funzionamento.

Nell'eseguire questa prova, bisogna però fare molta attenzione di disporre i tubetti delle pompe giranti in modo che la nafta che esce dai polverizzatori non vada a colpire le teste dei cilindri quando queste sono calde.

Se le pompe non presentano nessuna resistenza ad essere azionate a mano, ma dai polverizzatori non esce nafta, ciò significa che nelle pompe stesse si trova dell'aria. Bisogna allora scaricare più volte aria e nafta svitando i tappi delle valvole di aspirazione 50, ed in ultimo se ancora le pompe non funzionano, stringere i dadi pressatrecce e se occorre aggiungere nel pressatrecce qualche altra guarnizione in corda di amianto, di diametro non minore di 5 mm. e spalmata di grafite.

Se il motore si ferma dopo qualche tempo di funzionamento: Verificare:

1°) Se vi è abbastanza nafta nel serbatoio. Se il rubinetto del serbatoio della nafta è aperto.

2°) Se le pompe della nafta funzionano. Assicurarsi che i pressatrecce degli stantuffi non siano stretti tanto che le molle non riescano a farli ritornare in basso.

3°) Scaricare l'aria che eventualmente potrebbe essersi accumulata entro le pompette della nafta svitando i tappi 50 sulle valvole di aspirazione.

Se il motore funziona con un solo cilindro. — Aprendo i rubinetti di spurgo dei cilindri, si vedranno uscire le fiamme degli scoppi dal cilindro che funziona, mentre nell'altro dei vapori bianchi di nafta o semplicemente dell'aria. Quando escono vapori bianchi, vuol dire che la calotta di accensione non è sufficientemente calda; e quando invece esce solamente aria, significa o che la nafta non arriva al cilindro, oppure che la calotta di accensione è quasi fredda. Bisogna allora verificare che non vi sia dell'aria nella pompa della nafta e, se occorre, fermare il motore e procedere alle opportune riparazioni. Per facilitare l'accensione dei due cilindri è buona regola di avviare il motore con le teste ben calde, e non farlo poi funzionare molto tempo a vuoto.

Se un polverizzatore non funziona regolarmente ciò può dipendere da cattiva tenuta delle due valvolette a sfera, situate nell'interno.

Infatti se queste valvolette non chiudono bene per effetto della pressione dei cilindri la nafta viene spinta indietro e non arriva al polverizzatore.

Per verificare il funzionamento di questa valvola, basta togliere i tubetti che collegano la pompa ai polverizzatori e mediante il volano di manovra portare successivamente i due cilindri in compressione. Dal polverizzatore corrispondente al cilindro in compressione non si dovrà avere uscita d'aria.

In generale la causa della mancanza di tenuta delle valvole sia della pompetta che dei polverizzatori, deve ricercarsi nella nafta, non sufficientemente filtrata. Per eliminare le perdite della valvola, è generalmente sufficiente pulire e rimuovere le sfere di tenuta.

F) *Smontamento:*

1°) *Calotte d'accensione.* — Dopo aver tolto le calotte di protezione occorre oliare bene i dadi di fissaggio delle calotte d'accensione prima di svitarli. La guarnizione di rame ed amianto, dopo essere stata pulita, può essere subito rimontata se non presenta rottura; in caso contrario bisogna sostituirla con altra nuova.

2°) *Pompa dell'olio di lubrificazione.* — Prima di smontare il corpo di pompa occorre togliere lo stantuffo oscillante collegato al collare dell'eccentrico.

Per smontare l'eccentrico fisso sull'asse (dopo aver smontato le aste di comando della pompa dell'acqua e del cassetto distributore), si usano appositi tiranti e piastrine.

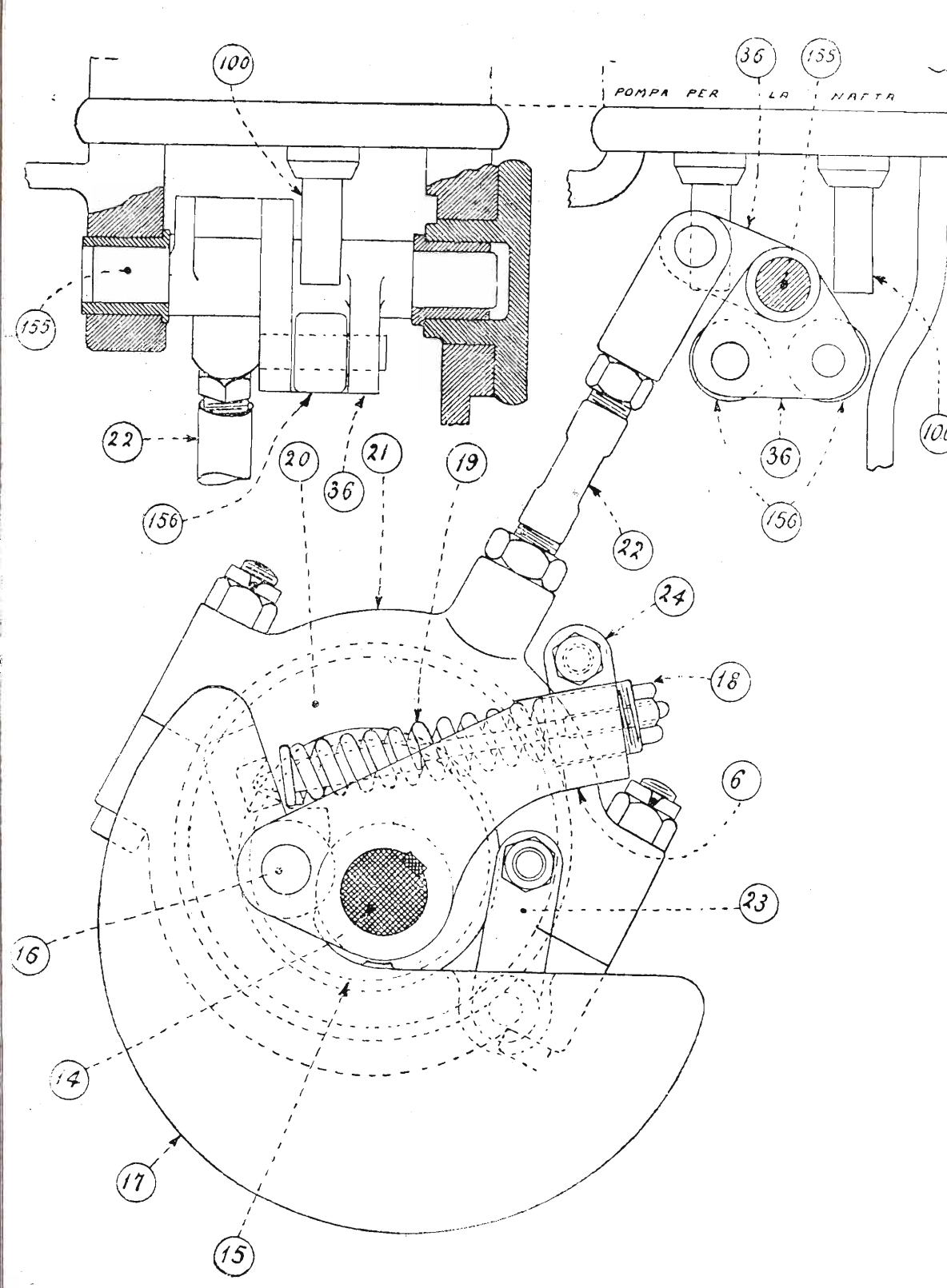


Fig. 361. — *Motore a testa calda S. Giorgio da 18 KW.*

3°) *Regolatore.* — Per smontare il regolatore occorre smontare prima l'eccentrico della pompa dell'olio di lubrificazione. Si smontano quindi il collare 21 (fig. 361), il dado di pressione 18 e la molla, poi si sfila il regolatore servendosi degli appositi tiranti con la relativa piastrina.

Nello smontare qualsiasi parte del motore, bisogna aver cura di osservare ed annotare le indicazioni apportate su ciascun organo dalla Ditta costruttrice affinchè il montamento possa poi essere effettuato con sicurezza e senza incorrere in errori.

DINAMO.

La dinamo, costruita secondo le norme dell'Associazione Elettrotecnica Italiana, è del tipo protetto autoventilato con eccitazione compound.

Un estremo dell'asse dell'indotto è rigidamente accoppiato al volano-ventilatore e quindi all'asse manovella del motore, e l'altro estremo appoggia sul supporto anteriore del complesso munito di cuscinetto in bronzo con lubrificazione ad anello.

Il piano di commutazione rimane praticamente invariato al variare del carico.

Durante il funzionamento detergere spesso il collettore della dinamo con un pannolino pulito ed asciutto astenendosi dall'usare grassi e carboni, o dal ripulire il collettore con carta o tela smerigliata.

Non bisogna mettere troppo olio nel lubrificatore del cuscinetto anteriore della dinamo.

§ 127 — **Motore a testa calda « Muzzi » da 7 HP.** (*Figg. 362-363-364*)

CARATTERISTICHE.

Il motore a testa calda « Muzzi » è a due tempi con un solo cilindro verticale della potenza di 7 HP.

Le fasi di aspirazione, scarico e lavaggio sono regolate dallo stantuffo motore e quindi il motore risulta privo di valvole.

L'asse della dinamo da 4 Kw da esso azionata è collegato con un giunto flessibile a quello del motore.

NORME PER IL FUNZIONAMENTO.

Approntamento del motore. — Le operazioni da eseguirsi sono analoghe a quelle descritte per il motore tipo « San Giorgio », in modo particolare si deve osservare:

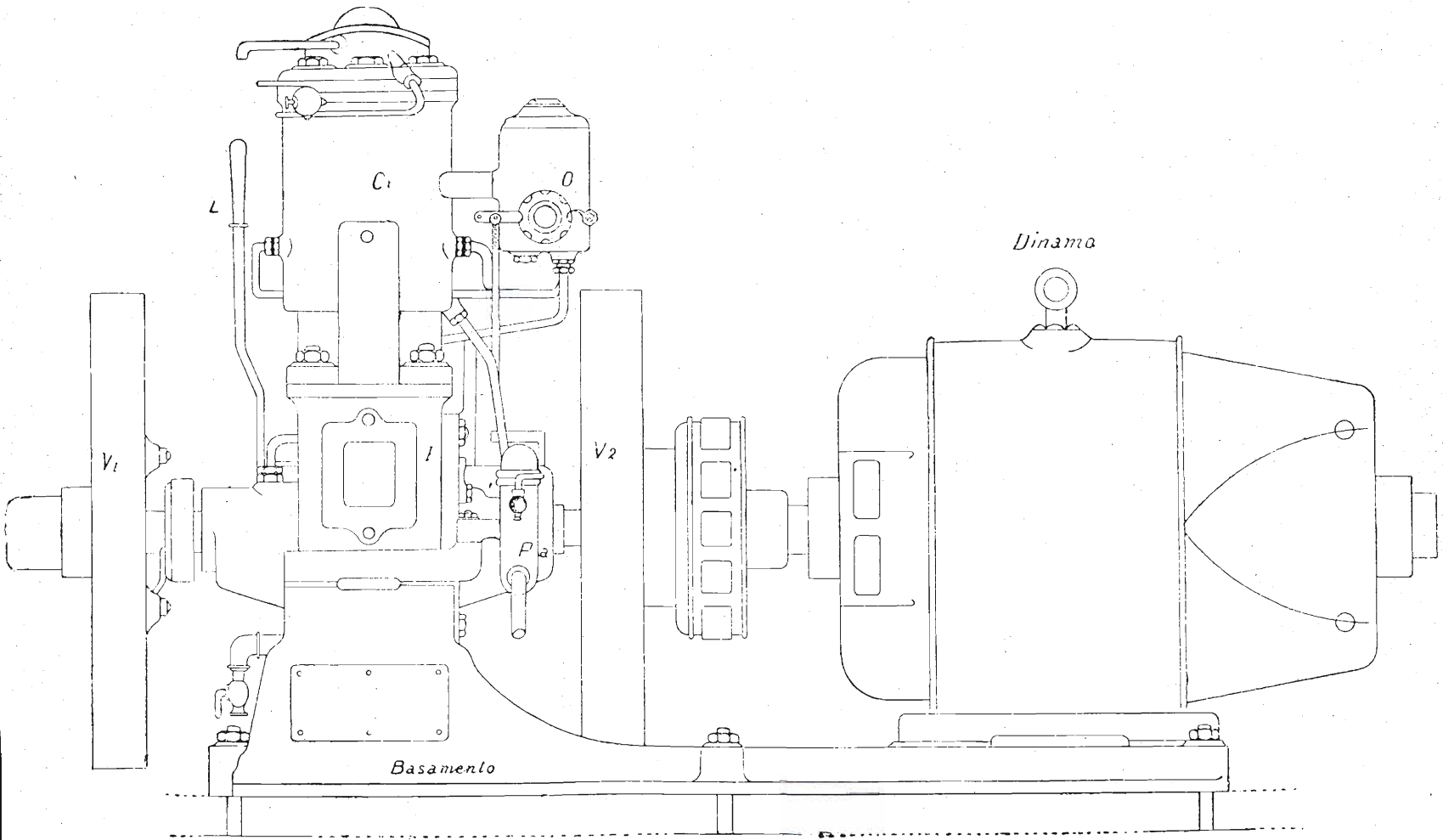


Fig. 362. — *Complesso elettrogeneratore con motore a testa calda tipo Muzzi*

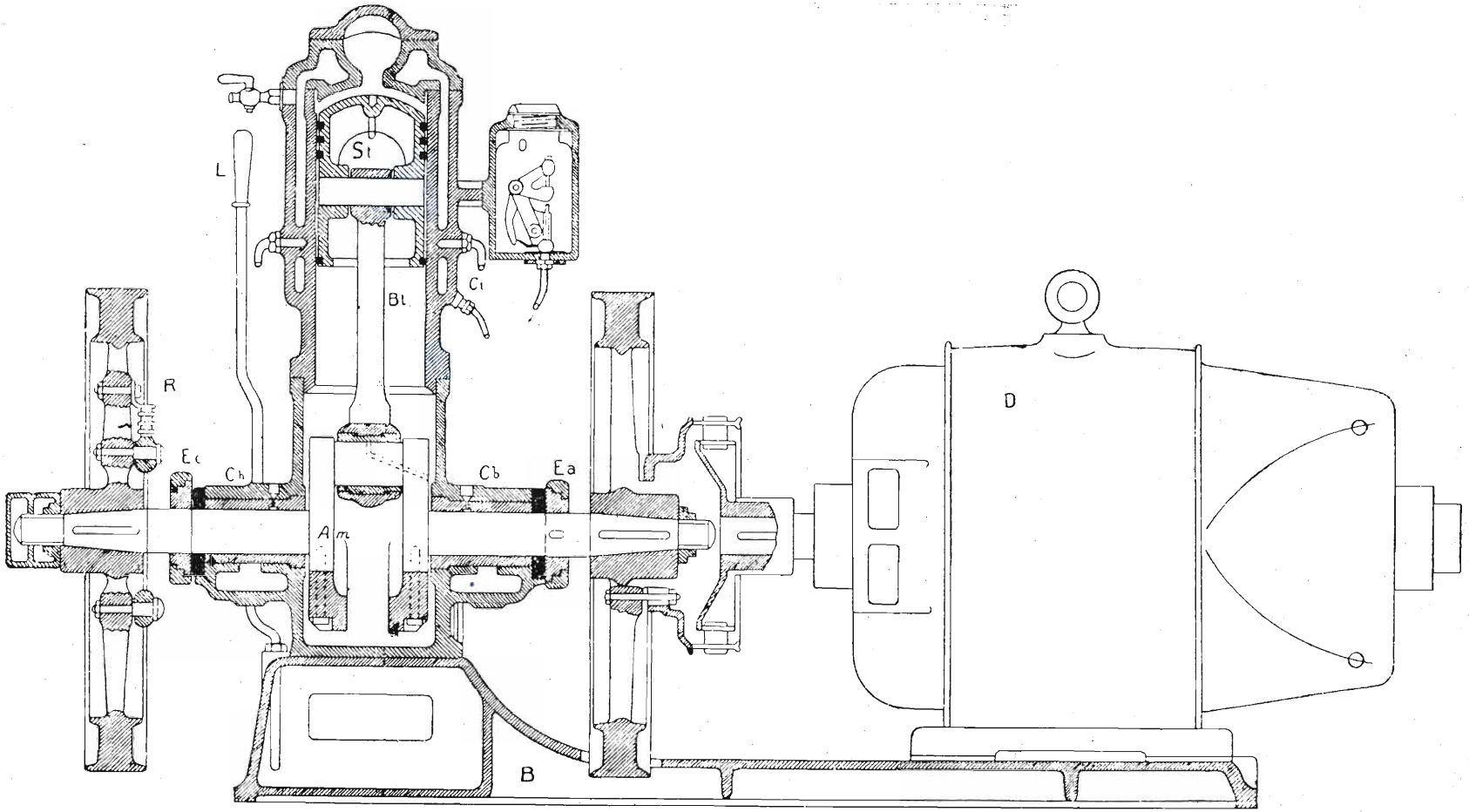


Fig. 363. — *Complesso elettrogeneratore con motore a testa calda tipo Muzzi*

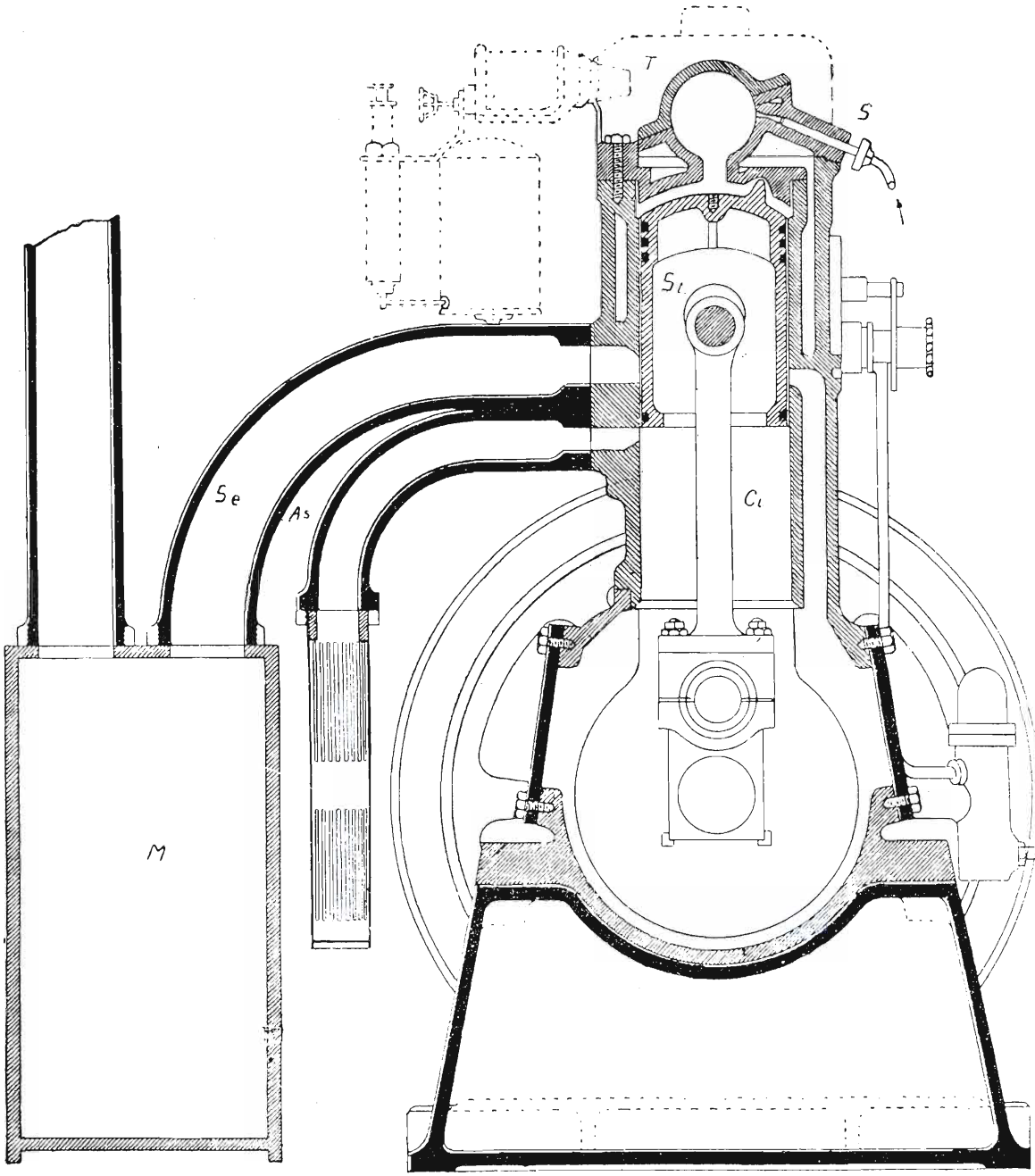


Fig. 364.

Motore a testa calda tipo Muzzi

a) che il livello del combustibile nel serbatoio sia quello normale e che il riempimento del serbatoio venga effettuato facendo passare sempre la nafta attraverso filtro di reti metalliche;

b) che il serbatoio d'olio per lubrificazione O sia pieno, e che nel fondo carter non vi sia accumulato olio, il quale sarebbe poi trasportato nel cilindro assieme all'aria di lavaggio.

Riscaldamento della testa calda. — Si prepara la lampada a petrolio riempiendo il serbatoio a ¾. Si riempie di spirito da ardere la vaschetta sottostante alla serpentina della lampada e si accende. Completata la combustione dello spirito nella vaschetta, si comprime con l'apposita pompetta l'aria nel regolatore della lampada, aprendo lentamente il becco fino ad ottenere un potente getto di fiamma azzurrognola.

Si appoggia la lampada sull'apposito supportino dirigendo la fiamma contro la calotta di accensione del motore. Il riscaldamento deve durare fino a quando la capsula vaporizzatrice abbia raggiunta la temperatura corrispondente al color rosso-ciliegia del metallo.

Messa in moto.

a) Portare lo stantuffo al punto morto superiore girando il motore nel senso contrario a quello del moto normale indicato con una freccia sul volano. Così facendo se anche avvenisse una esplosione prematura, questa farebbe avviare il motore nel senso normale;

b) manovrare poscia la pompetta del combustibile con la leva a mano L per iniettare combustibile nel cilindro;

c) avviare il motore spostando prima il volano, per un terzo di giro nel senso della rotazione normale e dando poi un forte colpo in senso contrario. Così facendo per effetto della compressione il combustibile iniettato nel cilindro si accenderà un po' prima che lo stantuffo sia tornato al punto morto superiore e l'avviamento avverrà nel senso giusto.

d) Avviato il motore si regolerà la mandata della pompetta del combustibile mediante il manicotto D fino a stabilire la media di 750 giri al minuto.

A questo punto si può dare il carico al motore.

e) Dopo l'avviamento spegnere la lampada a petrolio, chiudendo la valvoletta a spillo e aprendo la valvola d'aria acciocchè il serbatoio non resti in pressione.

Osservando tali norme difficilmente il motore si avvierà in senso contrario a quello indicato dalla freccia sul volano. Ma se ciò avvenisse si può tentare

di farlo ripartire nel senso giusto senza ripetere tutte le operazioni di avviamento ma solamente intercettando la mandata di combustibile e approfittando delle oscillazioni che compie il volano prima di arrestarsi per lanciare energicamente uno o due brevi spruzzate di nafta, manovrando la leva L, nel momento in cui, oscillando, il volano si muove nel senso normale indicato dalla freccia.

Norme per il funzionamento.

Poichè il carter durante il funzionamento del motore deve restare sempre chiuso, non è possibile effettuare la sorveglianza diretta degli organi in moto. Si dovrà, pertanto, scrupolosamente curare l'esatta lubrificazione di questi organi.

Periodicamente occorre accertarsi che non si formino sacche d'aria nelle camere in cui circola l'acqua di raffreddamento del cilindro ed impedire che la temperatura dell'acqua di circolazione aumenti oltre 50°.

La temperatura dell'acqua è controllabile sulla conduttura che porta l'acqua dalle camere di raffreddamento alla serpentina di riscaldamento della nafta.

Verificandosi una diminuzione di portata della pompa dell'acqua, o venendo a mancare del tutto la circolazione per qualsiasi altra causa, arrestare immediatamente il motore.

Verificare periodicamente il numero dei giri con il tachimetro a mano.

Arresto del motore.

a) Togliere il carico e diseccitare la dinamo. Portare la leva L nella posizione di « arresto ». Con ciò il motore si ferma perchè cessa la mandata di combustibile.

b) Dopo l'arresto del motore, si porti la leva L sulla posizione di marcia per lasciare la molla della pompetta in riposo.

c) Aprire i rubinetti di prova sul cilindro e quello di spurgo sull'incastellatura in modo da permettere sia l'uscita dei prodotti della combustione rimasti nel cilindro, sia lo spurgo della lubrificazione.

Scaricare l'acqua di refrigerazione se la fermata del motore dovrà prolungarsi per un certo tempo.

Irregolarità durante il moto. — Gli inconvenienti che si possono verificare durante il funzionamento di questo motore sono presso a poco gli stessi esaminati per il motore « S. Giorgio ».

a) *Irregolarità dell'accensione del combustibile*, possono dipendere da incrostazioni nella camera di refrigerazione del coperchio della testa calda, o

da deposito di sedimenti carboniosi nella parte interna della camera di combustione.

Le irregolarità in genere si manifestano o con riguardi dell'accensione o con scarico fumoso dovuto all'incompleta accensione della nafta.

A motore fermo, assicurarsi periodicamente dello stato di pulizia tanto della camera refrigerante del coperchio, quanto dell'interno della camera di scoppio.

b) *Insufficiente quantità di nafta immessa nel cilindro.* — La pompetta della nafta o il polverizzatore non sono efficienti o per ostruzioni o per perdite. Occorre visitare e verificare sia i tubi ed i condotti di passaggio della nafta, sia la buona tenuta delle valvole e dello stantuffetto nel manicotto di guida. Detti organi vanno lavati con petrolio.

c) *Scarso rendimento del motore per difetto di compressione o inquinamento dell'aria di lavaggio nel carter.* — Può dipendere o da poca tenuta delle portelle di visita del carter (difetto di compressione) o da poca tenuta delle fasce elastiche dello stantuffo (passaggio di gas combusti nel carter) oppure ancora da eccesso di lubrificazione per cui vi è del lubrificante raccolto sul fondo del carter.

d) *Diminuzione di velocità.* — Può dipendere da una combustione poco attiva. Si dovrà in tal caso con l'opportuna manovra del manicotto della pompetta, aumentare la quantità di nafta immessa nel cilindro.

Se il motore non raggiungesse ancora la velocità voluta, occorrerà fermare ed aumentare la tensione della molla del regolatore a mezzo del tirante filettato T (fig. 365).

e) *Aumento di velocità.* — Ridurre la quantità di nafta manovrando il manicotto registratore della pompetta del combustibile; se ciò non sarà sufficiente, ridurre la tensione della molla del regolatore di velocità.

Lavori di manutenzione.

a) *smontamento della testa.* — Effettuare lo smontamento con cura onde non danneggiare la guarnizione di rame interposta fra testa e cilindro. Nel caso in cui rimontando la testa la guarnizione sia stata ricambiata stringere nuovamente i dadi dopo un primo riscaldamento della testa allo scopo di assicurare la tenuta della guarnizione anche con motore caldo.

b) *Smontamento dello stantuffo*:

1°) Si libera il coperchio del cilindro staccando il tubo di uscita dell'acqua di raffreddamento e il tubicino dello spruzaztore. Si svitano i dadi

dei prigionieri e si alza il coperchio cercando di non danneggiare la guarnizione.

2°) Togliere le portelle frontali del carter.

3°) Girare il motore fino a portare la testa di biella in corrispondenza di una portella del carter, indi svitare i dadi dei perni della testa di biella e sfilare il mezzo cuscinetto inferiore.

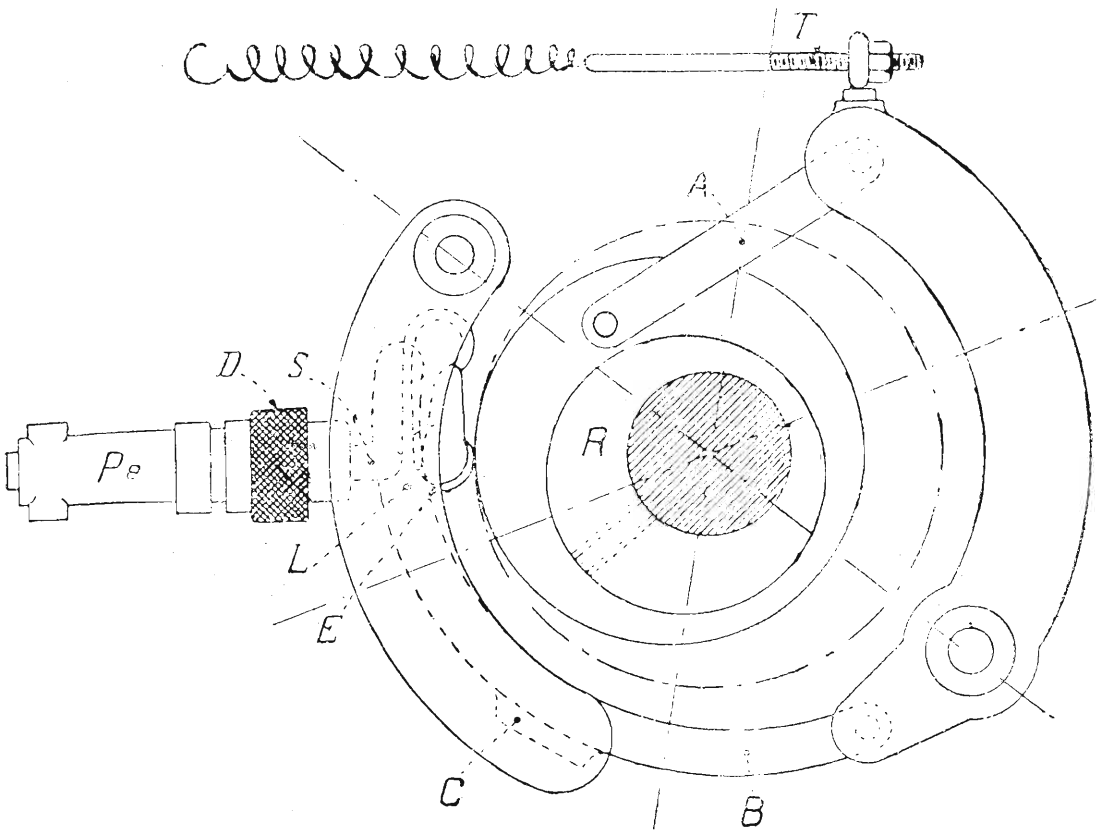


Fig. 365.

4°) Portare lo stantuffo al punto morto superiore e avvitandovi l'apposito golfare, sfilare dal cilindro lo stantuffo.

5°) Sfilare lo spinotto del piede di biella, svitando prima il bullone di arresto, e togliere la biella da posto.

Eseguire le pulizie e le visite al cilindro, alle fasce elastiche, allo spinotto e boccole relative, ed al cuscinetto di testa di biella. Si procede al montamento eseguendo le operazioni in senso inverso. Si dovrà fare attenzione che i tagli degli anelli elastici si trovino a 120° fra loro.

c) *Smontamento dello spruzzatore*:

1°) Liberarlo dal tubicino di mandata del combustibile.
2°) Svitare i dadi che lo fissano al coperchio del cilindro.
3°) Sfilarlo dal manicotto.

Per pulirlo si dovrà lasciarlo a bagno nel petrolio per qualche ora.

d) *Pompetta del combustibile*:

1°) Liberarla dai tubicini di aspirazione e di mandata.
2°) Svitare i bulloni che la fissano all'incastellatura.

La visita e la pulizia si esegue smontando lo stantuffo e le molle e svitando il manicotto registratore.

La pulizia si esegue adoperando sempre petrolio fino.

e) *Pompetta dell'acqua*. — Si tolgono i tubi e sfilato il perno di unione dello stantuffo al collare dell'eccentrico, si svitano i bulloni che la fissano all'incastellatura. Svitando la calotta della camera d'aria, appare facile lo smontamento delle valvole di mandata e di quelle di aspirazione sottostanti al diaframma divisionale delle due camere.

f) *Rimozione del cilindro*. — Sconnessi gli organi ausiliari che si uniscono ad esso e cioè, lubrificatore automatico, tubi di aspirazione e di scarico, tubicino di lubrificazione, tubo di mandata dell'acqua di circolazione, e dopo aver smontato il coperchio del cilindro, estratto lo stantuffo, ecc., si svitano i dadi dei bulloni e si alza il cilindro dell'incastellatura.

Nel montaggio si curi bene che l'unione del cilindro coll'incastellatura sia a tenuta perfetta, ricambiando se occorre la guarnizione. Inoltre per far sì che dopo il montamento, l'asse del cilindro risulti di nuovo esattamente perpendicolare alla linea d'asse del motore, sarà buona norma costruire una sagoma con punti di riferimento che servano a controllare la posizione, prima e dopo l'esecuzione dei lavori.

Manutenzione e verifiche periodiche:

1°) Eseguire la visita e la pulizia della testa ogni 150 ore di funzionamento. Se il combustibile che si adopera non è di buona qualità, questo periodo deve ridursi a metà ed anche ad un terzo.

2°) Visitare, pulire e lavare i serbatoi, le pompe e le tubolature del combustibile e dell'olio ogni 300 ore di funzionamento, od a intervalli minori in relazione alla qualità dei fluidi adoperati.

3°) Ogni sei mesi al massimo, se il motore ha funzionato continuamente, è necessario eseguire la visita generale e la manutenzione di tutti gli organi; cioè calotta di accensione, stantuffi e relativi anelli elastici, polverizzatore, tubicini dei lubrificatori, condotti di aspirazione e di scarico, tubolatura dell'acqua di raffreddamento, ecc.

Gli spruzzatori di riserva devono essere mantenuti in buone condizioni di pulizia e sempre pronti ad essere usati.

Tabelle riassuntive delle irregolarità di funzionamento del motore

INCONVENIENTI	CAUSE	RIMEDI
1° - Liquido iniettato entro la sfera d'accensione a mezzo della leva di comando della pompa del combustibile non produce il « fruscio » caratteristico dell'olio che brucia.	La sfera di accensione non è sufficientemente riscaldata	Continuare a riscaldare la sfera.
2° - L'inconveniente permane anche dopo un prolungato riscaldamento. Il motore non si avvia.	La sfera d'accensione è sporca per incrostazioni carboniose, dovute a cattiva combustione.	Smontarla, liberarla dalle incrostazioni carboniose e ripulirla accuratamente.
3° - Facendo funzionare a mano la pompa del combustibile, si incontra una anormale resistenza e non si sente nell'interno del cilindro il rumore caratteristico dello spruzzo.	Lo spruzzatore è parzialmente ostruito.	Smontare lo spruzzatore e ripulirlo con molta cura.
4° - Svitando il raccordo d'adduzione del combustibile allo spruzzatore e girando a mano il volano, si avverte uscita d'aria dal tubo.	Lo spruzzatore perde.	Smontare lo spruzzatore pulire accuratamente le valvole e accertarsi che tengano.
5° - Svitando il raccordo che unisce il tubo di mandata e facendo agire la pompa del combustibile a mezzo della leva a mano, dal raccordo non esce olio.	La pompa del combustibile non funziona.	Smontare la pompa, ripulire accuratamente le valvole accertandosi che tengano, verificare le tubazioni di aspirazione e di mandata del combustibile.

INCONVENIENTI	CAUSE	RIMEDI
6° - Si osserva uscita di fumo dalla connessione fra la sfera e il coperchio del cilindro.	Rottura di guarnizione.	Ricambiarla.
7° - Si osserva uscita di fumo dallo scarico dell'acqua di raffreddamento e perdite d'acqua dalla guarnizione fra il coperchio del cilindro e il cilindro.	Rottura di guarnizione.	Ricambiarla.
8° - Il motore rallenta e si ha fumo bianco allo scarico. Svitando il raccordo del tubo di mandata e facendo funzionare a mano la pompa del combustibile si riscontrano tracce d'acqua nella nafta che esce dal raccordo aperto.	Il combustibile contiene acqua.	Eliminare l'acqua dal combustibile spurgando la cassa deposito e il serbatoio.
9° - Il motore rallenta, batte e si ha fumo nero allo scarico. La sfera è di colore rosso vivo.	La sfera d'accensione è troppo calda per difetto di refrigerazione o eccesso di iniezione.	Eliminare l'eventuale sacca d'aria e di vapore del coperchio ed assicurarsi che il fenomeno non dipenda da limitata portata della pompa d'acqua. Regolare in seguito la carica della pompetta del combustibile.
10° - Dallo scarico esce fumo denso ed oleoso.	Lo spruzzatore è sporco e vi è eccesso di lubrificazione.	Smontare lo spruzzatore e ripulirlo con molta cura; ridurre la lubrificazione.
11° - Il motore rallenta e consuma una maggiore quantità di combustibile.	*a*) - Difetto del regolatore. *b*) - Difetto di lubrificazione. *c*) - Ostruzione nello scarico.	Procedere per esclusione alla ricerca della causa ed eseguire le regolazioni necessarie.
12° - Scarico con fumo fuliginoso nerastro.	Iniezione abbondante di combustibile, per cattiva regolazione della pompa.	Regolare la mandata della pompa.

INCONVENIENTI	CAUSE	RIMEDI
13° - Il motore rallenta e tende a fermarsi.	Deficenza di lubrificazione e riscaldamento. *a)* - di una bronzina.	Fermare il motore e verificare il passaggio dell'olio lubrificante attraverso il tubo d'adduzione al supporto riscaldato.
	b) - della testa di biella.	Fermato il motore ed identificato l'organo che riscalda ripristinare la regolare lubrificazione.
	c) - del piede di biella.	
	d) - dello stantuffo.	Fermato il motore ed accertato il riscaldamento verificare le tubazioni di adduzione dell'olio lubrificante.

CAPITOLO XXIV

Norme generali per la condotta della dinamo

§ 128 — Messa in moto e funzionamento delle dinamo

a) *Messa in moto.* — La messa in moto di una dinamo deve essere eseguita con cura e preceduta sempre dalle necessarie verifiche.

Prima di iniziare la messa in moto è bene verificare che le linee di spazzole siano nella giusta posizione, che ogni spazzola sia bene a posto nell'astuccio, e abbia la superficie di contatto in buone condizioni, che la pressione delle molle dei portaspazzole sia ben regolata (1 Kg. per cm^2). Una pressione non sufficiente causa lo scintillio, mentre una pressione eccessiva riscalda il collettore e ne deteriora la superficie.

L'avviamento deve sempre esser fatto a vuoto, perciò il reostato di campo, all'avviamento deve essere totalmente incluso.

Quando la macchina ha raggiunto la sua velocità normale, e si è controllato il regolare funzionamento delle parti meccaniche, (motore, pompe dell'olio, pompa dell'acqua, ecc.), si esclude il reostato di eccitazione, fino ad ottenere ai morsetti della dinamo la tensione di esercizio. Dopo di ciò si può dare il carico alla macchina, avendo cura di farlo progressivamente e evitando le brusche variazioni.

b) *Funzionamento.* — Durante il funzionamento, occorre sorvegliare accuratamente la macchina onde poter intervenire prontamente appena vi sia un accenno di avaria a qualche organo.

Oltre le indicazioni dei manometri e dei termometri si devono sorvegliare le indicazioni degli strumenti del quadro onde effettuare la regolazione della tensione e seguire l'andamento del carico.

La parte più delicata di una dinamo è, come è noto, il collettore. Du-

rante il funzionamento si osserverà che sia sempre ben pulito, che non si riscaldi e che non si abbia scintillio.

Il collettore della turbodinamo deve essere convenientemente lubrificato mediante apposita pasta, perchè ciò diminuisce il deterioramento sia del collettore stesso sia delle spazzole.

Durante il funzionamento non si dovrà poggiare sulla macchina alcun oggetto, specialmente se metallico o se si tratta di recipienti contenenti olio, stoppa, stracci, ecc.

I lavori di lima o di tornio o qualsiasi altro lavoro che produce pulviscolo metallico non devono mai essere eseguiti nel locale dinamo, tanto se le macchine sono ferme quanto ne sono in moto.

Il personale di servizio deve conoscere quale è per ogni periodo l'andamento del carico durante il giorno, in modo da rendersi sempre conto, attraverso le indicazioni dell'amperometro se vi sono consumi anormali.

La tensione deve essere sempre regolata con cura al valore normale manovrando il reostato di campo.

Manifestandosi un aumento eccessivo di temperatura nell'indotto o negli induttori bisogna ridurre per quanto è possibile il carico e mettere in funzione un'altra macchina, arrestando la prima, se l'inconveniente persiste.

Se si hanno forti variazioni di carico, è sempre buona norma tenersi pronti a regolare a mano la velocità del complesso e non fare completo ed eccessivo assegnamento sul regolatore di velocità e sullo scatto automatico.

Le brusche variazioni di carico debbono però essere sempre evitate. Così nel togliere il carico alla macchina si dovrà procedere per gradi staccando uno per volta gli interruttori dei varî circuiti che collegano la macchina al quadro.

§ 129 — **Manutenzione ordinaria**

Per la buona conservazione delle macchine, specialmente per quanto riguarda l'isolamento delle parti elettriche, è necessario che i locali in cui esse sono allogate siano tenuti asciutti più che possibile.

Per tanto devono essere sempre eliminate tutte le perdite sia di vapore sia di acqua dalle tubolature, e si dovranno proteggere con apposite coperture le macchine non in funzione. Si dovranno inoltre mantenere in efficienza i mezzi di ventilazione e di estrazione d'aria i quali permettono di tenere i locali asciutti e ad una temperatura conveniente essendo anche questo un elemento che ha influenza sulla buona conservazione degli isolanti.

Quotidianamente si deve misurare l'isolamento di tutte le macchine. La misura sarà effettuata a caldo per le macchine in servizio: di quelle di riserva

se ne metterà in moto una, a turno, per sostituire quella in servizio durante la misura, e di questa si effettuerà anche la misura a caldo, mentre che per le altre se ne effettuerà la misura a freddo.

Di ogni diminuzione di isolamento deve essere pazientemente e diligentemente ricercata ed eliminata la causa.

Spesso l'isolamento si migliora riverniciando con vernici isolanti gli avvolgimenti: non si deve però abusare di questo procedimento.

Gli avvolgimenti devono essere spolverati quotidianamente con straccia asciutta e con un soffietto: astenersi dallo spolverare con aria prelevata dalle tubature di aria compressa perchè questa contiene spesso acqua e olio.

La lavatura degli avvolgimenti con straccia imbevuta di benzina deve essere effettuata solo in circostanze eccezionali e con molta cautela.

I collettori delle macchine debbono essere mantenuti in perfetto stato: la superficie delle lamine deve essere tersa e liscia, i solchi fra le lamine debbono essere liberati dalla polvere e dalle sostanze carbonizzate che vi si possono trovare e i bordi dello strato di mica sotto gli anelli di blindaggio devono essere puliti.

Nelle dinamo S. T. T. da 150/160 Kw ed in quelle Tosi, la mica fra le lame del collettore, deve essere sempre raschiata per la profondità di m/m 1, rispetto alla superficie del collettore, questa raschiatura va eseguita prima che, per il consumo del collettore, l'isolante affiori alla superficie di esso, e deve essere eseguita con molta precauzione per non rigare il collettore. La fig. 366 A rappresenta una solcatura ben fatta, quella B una cattiva solcatura.

Il collettore si smeriglia con fogli di carborundum a grana successivamente decrescente, disposti su apposite spatole (a manubrio) di legno duro. Non si devono in nessun caso adoperare lime.

Se il collettore per usura, è divenuto eccentrico, dovrà essere tornito. La tornitura del collettore deve però essere considerata operazione eccezionale; da eseguire quando è assolutamente indispensabile, e, salvo casi specialissimi, nelle officine degli arsenali.

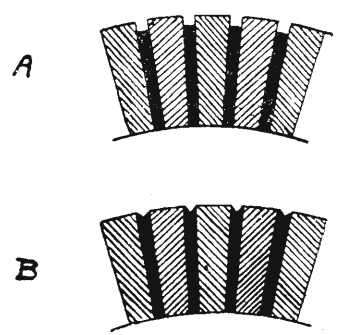


Fig. 366.

Le parti metalliche che nelle macchine sono soggette a movimenti o strisciamenti, e che non debbono costituire un contatto elettrico, saranno tenuti a pittura grigia o nera. Le parti nichelate o verniciate saranno asciugate e pulite usando stracci di tela, e mai stoppa.

Le parti tenute allo stato naturale, di tempo in tempo saranno sgrassate

con petrolio e rese brillanti con una miscela d'olio e calce viva, o con una soluzione di potassa.

Frequentemente occorre lavare i portaspazzole, con alcool o benzina.

Si verificherà che le molle di questi non abbiano perduto la loro elasticità e si sostituiranno quelle indebolite. Si sostituiranno inoltre le spazzole che risultano molto consumate. Generalmente però quando la pressione delle molle è ben regolata in tutti i porta-spazzole, il consumo delle spazzole è uniforme e quindi il ricambio di queste deve essere effettuato contemporaneamente per tutte. La superficie di contatto delle spazzole nuove deve essere adattata a quella del collettore adoperando un foglio di tela smeriglio o carta vetrata che si fa scorrere tra il collettore ed il carbone.

Quando una dinamo deve restare a lungo fuori uso, come, ad esempio, sulle navi in disarmo, le parti metalliche non verniciate saranno spalmate con olio minerale per lubrificazione esterna o con miscele di olio a 2,50 % di parafina. I lubrificatori e i canaletti per la lubrificazione saranno accuratamente vuotati e puliti. Il collettore sarà bene sgrassato e pulito, quindi ricoperto di carta velina e fasciato di tela strettamente legato. Spazzole e porta-spazzole saranno tolte da posto, le molle saranno tolte dai porta-spazzole, oliate, quindi avvolte in pezze di lana o di carta velina, e conservate in luoghi asciutti.

Le dinamo saranno ricoperte con cappe di tela. Almeno una volta al mese sarà eseguita una visita minuziosa, per accertare che la umidità non abbia danneggiato gli isolanti e che non si trovino tracce di ossido sulle lamine del collettore o sulle connessioni di queste con i fili dell'avvolgimento indotto. Si soffierà il pulviscolo dall'indotto e dagli avvolgimenti e si faranno girare a mano le macchine.

Durante il periodo di « riserva » si deve far funzionare l'intero impianto almeno una volta alla settimana per le navi maggiori; almeno una volta al mese per le navi minori.

Quando tali prescrizioni non si possono eseguire per riparazioni ai motori, dinamo, canalizzazioni, tubolature, ecc., se ne farà menzione sul *Giornale dell'Impianto Elettrico*.

§ 130 — **Collegamento in parallelo**

Due o più dinamo possono alimentare uno stesso circuito mediante due diversi tipi di accoppiamento.

1°) Accoppiamento in serie.

2°) Accoppiamento in parallelo.

Il collegamento in serie viene effettuato negli impianti alimentati a corrente costante (alimentazione in serie) e per tanto non si effettua mai a bordo.

Il collegamento in parallelo si effettua invece negli impianti alimentati a tensione costante (alimentazione in parallelo) ed è il collegamento che occorre effettuare a bordo quando l'energia richiesta supera quella che una sola macchina può fornire. Esso può farsi solo con macchine eccitate in derivazione o ad eccitazione indipendente. Per quelle ad eccitazione « compound » si può fare il collegamento solo se esistono sbarre di equilibrio sull'eccitazione.

Il procedimento per collegare in parallelo due macchine ad eccitazione in derivazione è il seguente:

Si abbia una dinamo D_1 (fig. 367) sotto carico, e sia D_2 una dinamo da collegare in parallelo, con essa.

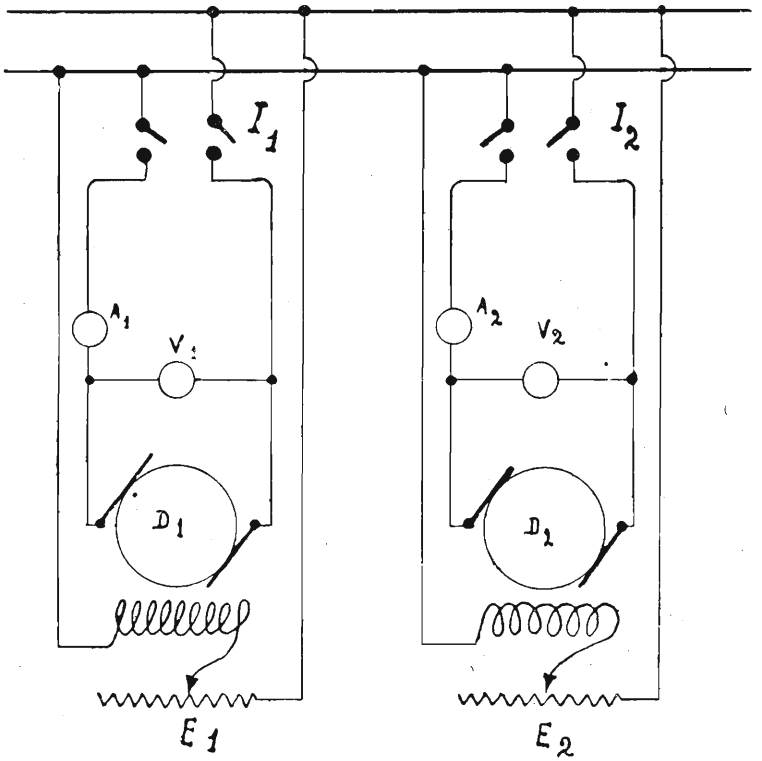


Fig. 367.

Si mette in moto la dinamo D_2 e quando questa ha raggiunto la velocità normale, manovrando il reostato di campo E_2, si eccita e si regola la tensione in modo da avere al volmetro V_2 la stessa indicazione del volmetro V_1. Si chiude l'interruttore I_2, la dinamo D_2 non erogherà ancora corrente e quindi

il carico sarà ancora tutto sulla D_1. Si manovra allora il reostato di campo nel senso di aumentare la tensione della macchina, con ciò si osserverà che l'amperometro A_2 comincia a dare delle indicazioni, mentre la corrente fornita dalla D_1 (amperometro A_1 diminuisce). Aumentando ancora l'eccitazione della D_2 e diminuendo quella della D_1 si può suddividere esattamente il carico fra le due dinamo, mantenendo costante la tensione.

Durante il funzionamento si manovreranno tutti e due i reostati E_1 ed E_2 sia per regolare la tensione, sia per mantenere la suddivisione del carico fra le due macchine.

Per escludere una delle macchine se ne diminuisce prima l'eccitazione in modo da passare tutto il carico sulla macchina che resta in funzione, e quando l'amperometro della macchina da escludere è a zero, si apre l'interruttore che la collega al quadro.

§ 131 — **Avarie principali delle dinamo**

Si considerano solo le dinamo con eccitazione in derivazione.

1°) *La dinamo non produce o produce pochissima corrente.*

Ciò può essere dovuto alle cause seguenti:

a) Connessioni deteriorate e falsi contatti nel circuito induttore.

Possono dipendere da viti mal strette; da ossidazioni sull'estremità nude dei conduttori, da verniciatura troppo estesa sui morsetti e serrafili, da intromissioni di materie estranee nelle unioni, ecc. Un indizio di tali falsi contatti, è spesso dato dall'attrazione saltuaria e disuguale esercitata dalle masse polari su di un pezzo di materiale magnetico avvicinate ad esse per prova.

Per eliminare i falsi contatti è necessario avvitare strettamente le unioni, sgrassare morsetti e serrafili e, se necessario, lavarli con soluzione bollente di potassa grezza al 20 %, sciacquarli con acqua leggermente acidulata, asciugarli quindi, con segatura di legno o con uno spazzolino.

b) Indebolimento o mancanza di magnetismo residuo degli induttori.

Ciò può verificarsi dopo lunghi periodi di inattività per effetto di induzioni dovute ad altri circuiti magnetici vicini, oppure per aver lanciato nel circuito di eccitazione una corrente invertita.

Se si verificano tali inconvenienti occorre eccitare la dinamo mediante corrente generata da una sorgente esterna (ad esempio, una batteria di accumulatori od un'altra dinamo).

Per fare ciò è necessario innanzi tutto isolare completamente le estremità dell'eccitazione in derivazione, sia dagli altri circuiti interni, della dinamo,

sia dagli apparecchi del quadro, e quindi inviare corrente nel giusto senso per non invertire la polarità degli induttori.

Dopo aver tenuto le macchine in moto a vuoto per qualche tempo ed essersi assicurati delle indicazioni del volmetro che il senso dell'eccitazione è giusto, si fermerà la macchina per rimettere definitivamente a posto i due circuiti e provarla di nuovo.

c) Corti circuiti e cattivo isolamento dei circuiti interni della macchina, sono spesso accompagnati da scintille e riscaldamento eccessivo del collettore.

Si stacca la dinamo dal quadro e si verificano separatamente i varî circuiti interni.

A volte la tensione è assai inferiore alla normale: ciò può dipendere da cattivo isolamento degli induttori.

Quando si verifica un corto circuito, su qualcuno dei poli induttori si ha un riscaldamento eccessivo degli altri poli, mentre quelli cortocircuitati rimangono freddi.

Allorchè si riscontra che il difetto di isolamento o il cortocircuito è nell'indotto, molto probabilmente l'inconveniente è dovuto ad avaria del collettore. Se per effetto di polverino metallico o per altre cause qualsiasi le sbarrette del collettore vanno in cortocircuito, la dinamo allora non può produrre che una corrente piccola o nulla perchè una parte delle spire dell'indotto compresa tra le sbarrette del collettore a contatto viene ad essere permanentemente chiusa in cortocircuito. La causa dell'avaria è spesso facilmente rintracciabile mediante accurata visita al collettore ed eliminata eseguendo un'accurata manutenzione.

Qualche volta sfregando semplicemente con tela pulita o con carta vetro finissima il collettore mentre gira lentamente, si riesce a far scomparire l'inconveniente.

Se questi mezzi non sono sufficienti è necessario togliere da posto il collettore per verificare l'isolamento delle piastrine.

Nell'eseguire lo smontamento si deve segnare l'ordine di successione dei fili man mano che vengono dissaldati dalle piastrine in modo da poter rimontare il tutto nello stesso ordine.

Avviene spesso che si trova ingrassata la superficie interna del collettore. Riscontrato ed individuato l'inconveniente oltre ad effettuare la riparazione, si dovrà cercare di impedirne la ripetizione eliminando le cause che lo hanno prodotto. Non è sempre facile eseguire lo smontamento del collettore con i mezzi dei quali si dispone a bordo, ed è quindi consigliabile di non ricorrervi se non si è ben sicuri della buona riuscita del lavoro.

In un collettore ben isolato con mica, è piuttosto raro il caso di cortocircuiti fra le piastrine che richiedono lo smontamento ed il cambio dell'isolante: in genere i cortocircuiti che si verificano sono il più delle volte dovuti a cause facilmente eliminabili con una buona manutenzione.

d) *Interruzione nell'avvolgimento indotto o induttore.*

Dopo aver verificato che l'interruzione non sia nei serrafili o nei morsetti, o alle spazzole, si dovranno verificare gli avvolgimenti. Se si tratta di interruzione del circuito induttore si verificheranno uno per uno gli avvolgimenti di ciascun polo. Nella maggior parte dei casi, però, le interruzioni hanno luogo ai morsetti e nei serrafili che collegano i vari induttori.

Se si tratta di interruzione del circuito indotto questa è facilmente localizzabile per il fatto che si ha una scintilla al collettore quando la piastrina collegata alla spira interrotta passa sotto una spazzola.

E' ben difficile che in tali casi si tratti di vera e propria interruzione nelle spire dell'avvolgimento, in generale l'interruzione è dovuta solo a dissaldatura delle connessioni fra una spira e l'altra o fra una spira e la piastrina del collettore.

Se dopo una riparazione che ha richiesto lo smontamento di qualche circuito, una dinamo non dà corrente è necessario rivedere accuratamente tutte le connessioni e verificare che non siano stati fatti errori nei collegamenti.

2°) *Forte scintillio alle spazzole.* — Le cause possono essere:

a) Sopraccarico e sopratensione.

Un aumento anormale di tensione può dipendere o da cattivo funzionamento del regolatore di velocità od anche, per le turbodinamo, da aumento di pressione del vapore, quando sulla tubolatura non esista valvola riduttrice.

Il sovraccarico può dipendere oltre che da un numero eccessivo di utenti in funzione, anche da forti dispersioni nel circuito esterno. In questo caso occorre escludere la linea in avaria ed eseguire poi la riparazione.

Lo scintillio in questo caso avviene su tutta la superficie dell'indotto.

b) *Cattivo stato del collettore.* — Tanto se il collettore è ovalizzato, quanto se la superficie non è ben levigata si ha scintillio al collettore per effetto della pressione variabile con cui, in questi casi, le spazzole premono sul collettore.

Le piccole asperità vengono tolte con carta vetrata finissima, passata sul collettore che gira lentamente. Le ovalizzazioni e le forti asperità si eliminano con la tornitura.

Anche in questo caso lo scintillio avviene su tutta la superficie dell'indotto.

c) Cattivo stato delle spazzole dei portaspazzole. — In ambedue i casi si hanno cattivi contatti fra il collettore e le spazzole e quindi produzione di scintille. La pressione delle spazzole si verifica sollevandole con un dito, esse devono potersi alzare facilmente.

Causa di scintille può essere inoltre la cattiva sistemazione delle spazzole nei portaspazzole.

Lo scintillio ha luogo sotto le spazzole che fanno cattivo contatto.

d) Interruzione del circuito d'indotto. — Se si riscontra un forte scintillio al passaggio sotto le spazzole di una determinata piastrina vuol dire che vi è una interruzione nel circuito indotto, e precisamente come già si è detto, è interrotta la spira collegata alla piastrina sulla quale avvengono le scintille.

Alcune volte la produzione di scintille è lieve ed intermittente, mentre altre volte le scintille oltre ad essere persistenti formano un arco luminoso sulla superficie del collettore che non scompare variando l'angolo di calaggio. Generalmente le piastrine conservano le tracce delle scintille ed è perciò facile, *fermata la macchina, localizzare l'avaria.*

In generale le interruzioni avvengono, come si è già detto, per dissaldature nelle connessioni dell'avvolgimento o nelle unioni delle spire con le piastre del collettore.

e) Cortocircuito nell'indotto o sul collettore. — Ogni volta che le piastre del collettore, collegate alla sezione che è in cortocircuito, passano sotto le spazzole, si hanno scintille; la dinamo inoltre dà una tensione più bassa. Le spire in cortocircuito si determinano facilmente ricercando al tatto i punti della superficie di indotto dove si hanno forti sopraelevazioni di temperatura. Un'ugual cosa succede nei corticircuiti fra le piastrine del collettore.

In ogni caso occorre fermare subito la dinamo e riparare l'avaria. Se essa non appare all'esame superficiale, si può procedere nella seguente maniera:

Si alimenta l'indotto mediante una corrente abbastanza intensa inviata attraverso due file di spazzole diametralmente opposte. La corrente può essere fornita da una sorgente separata qualsiasi (batteria di accumulatori, oppure uno qualunque dei circuiti di bordo) tenendo presente che quanto maggiore è l'intensità della corrente, tanto è più facile rintracciare l'avaria, ma che tuttavia non si deve in alcun modo oltrepassare il valore massimo di corrente tollerabile nell'indotto.

La fig. 368 rappresenta la maniera di guarnire il circuito nel caso in cui la corrente venga prelevata da un circuito di bordo. Con un volmetro munito di punteruoli si misura allora la tensione fra le varie coppie di piastrine, come 1ª e 2ª, 2ª e 3ª, ecc. Se non esiste alcun difetto nell'indotto, le letture risultano

tutte eguali. Supponendo invece che le spire fra due piastrine, per esempio, fra 5 e 6 siano in corto circuito allora in primo luogo le letture fra le coppie di piastrine della metà di indotto che comprende le spire in cortocircuito, saranno maggiori di quelle corrispondenti all'altra metà (la tensione totale applicata all'indotto viene difatti suddivisa fra un numero di spire minore nella metà in avaria e quindi si ha per ogni coppia una caduta maggiore) ed in secondo luogo la tensione misurata fra le piastrine 5 e 6 sarà nulla.

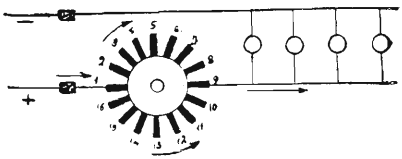


Fig. 368.

Si può anche, lasciando tutto guarnito nel modo indicato, procedere in maniera differente. Con i punteruoli del volmetro si misura la tensione di tutte le piastrine che sono simmetricamente disposte rispetto ad una delle due spazzole che convogliano la corrente di misura cioè la tensione fra le piastrine 2^a - 16^a; 3^a e la 15^a; 4^a - 14^a, ecc.

Se non vi è alcuna avaria nell'indotto, le letture risultano evidentemente tutte nulle. Se però in una delle due metà esiste una o più zone in cortocircuito, allora evidentemente le letture non possono più essere nulle e si avrà invece al volmetro una lettura che diviene sempre maggiore, a misura che ci si allontana dalla piastrina, per la quale entra la corrente. Arrivati alla piastrina cui fa capo una delle spire in cortocircuito, la lettura diminuisce o cambia addirittura di segno. Un'altra brusca variazione dell'andamento delle indicazioni del volmetro avverte dove finisce l'avaria. Il guasto in tal modo è localizzato.

Con gli stessi procedimenti si possono localizzare oltre che i cortocircuiti di spire, anche gli eventuali contatti di qualche spira con la massa dell'armatura; basta in questo caso guarnire il circuito anzichè fra due file di spazzole opposte tra una fila qualunque di spazzole e la massa.

In ogni modo, verificandosi tale avaria, bisogna dissaldare dal collettore le spire dell'avvolgimento indotto e verificare l'isolamento fra piastrina e piastrina nonchè fra le piastrine e l'asse dell'indotto. Frequentemente l'avaria si riscontra nel collettore.

f) Cattivo isolamento degli induttori. — Allorchè una fila di spazzole scintilla, e ciò non dipende dalle altre cause che abbiamo esaminato, l'inconveniente è da attribuirsi a cattivo isolamento di uno degli avvolgimenti indut-

tori. Difatti ciò porta di conseguenza l'indebolimento del campo prodotto dal polo in dispersione. L'inconveniente viene rilevato dalla ineguale attrazione che le masse polari esercitano su di un pezzo di ferro. Ai morsetti della dinamo si riscontrerà inoltre una minore tensione.

Se dalle prove di isolamento l'avvolgimento avariato non risulta in dispersione, quasi certamente l'avaria consisterà in un corto circuito da parte dell'avvolgimento: si riscontrerà allora che la resistenza ohmica è inferiore al valore normale.

g) Riscaldamento anormale. — Le cause che producono riscaldamento anormale in qualche organo possono essere elettriche o meccaniche. Toccando sovente le parti più soggette al riscaldamento e sorvegliando le indicazioni dei termometri sarà facile prevenire questi inconvenienti.

I riscaldamenti eccessivi sono accompagnati da odori particolari (olio bruciato nei cuscinetti, isolante bruciato negli avvolgimenti).

E' da ritenersi eccessiva una sopraelevazione di temperatura maggiore di 40° rispetto alla temperatura ambiente.

Riscontrato un riscaldamento, si cercherà di scoprire le cause e di eliminarle, se è possibile, mantenendo la dinamo in moto.

Le cause che possono produrre riscaldamenti sono:

1°) *Nell'indotto*: Corrente troppo forte. Si manifestano scintille abbastanza forti al collettore.

Corto circuito nelle sezioni. Si hanno scintille al collettore al passaggio delle piastrine, che comprendono le sezioni avariate.

Umidità negli avvolgimenti. E' una avaria abbastanza comune a bordo.

2°) *Negli induttori*: Corrente troppo forte che può dipendere da tensione di alimentazione eccessiva, da cortocircuito fra le spire ecc.

Se il riscaldamento è eccessivo per alcuni induttori, mentre gli altri sono quasi freddi, vuol dire che questi ultimi sono in corto circuito.

§ 132 — Tabelle riassuntive delle avarie alle generatrici elettriche

Avarie che comunemente si producono

La dinamo non produce o produce pochissima corrente	Connessioni male eseguite - Cattivi contatti Indebolimento o mancanza di magnetismo residuo negli induttori Inversione di polarità	
	Corto circuito o cattivo isolamento nel circuito esterno e nell'interno	Cattivo isolamento dei serrafili Cattivo isolamento dei portaspazzole Cattivo isolamento dei conduttori dell'indotto Corto circuito negli induttori Corto circuito nel collettore Corto circuito nel circuito esterno
	Interruzione di circuito negli avvolgimenti	Interruzione di circuito negli induttori Interruzione di circuito nell'indotto Le spazzole non poggiano sul collettore
Forte scintillio alle spazzole	Sovraccarico Imperfetta posizione del collare portaspazzole Cattivo stato del collettore Cattivo stato delle spazzole e dei portaspazzole Interruzione del circuito indotto Corto circuito nell'indotto o nel collettore Avarie nel circuito degli induttori	
Riscaldamento anormale	Indotto	Corrente troppo forte Corto circuito nelle sezioni Dispersioni negli avvolgimenti
	Induttori	Corrente troppo forte Dispersioni negli avvolgimenti
	Cuscinetti	Lubrificazione imperfetta Materie estranee nei cuscinetti Asse dell'indotto non centrato o storto Cuscinetti mal centrati o troppo stretti Indotto non simmetrico rispetto alle masse polari

Avarie dei vari organi

Collettore	Cattivo stato del collettore	Scintille
		Scintille
	Corto circuito fra le lamelle	La dinamo dà tensione ridotta Forti scintille al collettore al passaggio delle lamelle in c.c. e riscaldamento
	Cattiva connessione delle spire alle lamelle	Forti scintille al passaggio di determinate lamelle; la dinamo non dà tensione normale
Portaspazzole	Collettore non bene fissato	Forte scintillio
	Cattiva disposizione delle spazzole Cattivo stato delle spazzole e portaspazzole	Scintillio e riscaldamento
	Cattivo contatto delle spazzole coi portaspazzole Cattivo isolamento	Scintillio
Cuscinetti	Lubrificazione imperfetta Materie estranee	Riscaldamento
	Linea dell'asse non livellata Cuscinetti mal aggiustati	Riscaldamento, rumori, vibrazioni, diminuzione dei giri
	Perni mal stretti	Rumori, vibrazioni
Indotto	Corrente troppo intensa Interruzione dell'avvolgimento Connessione imperfetta al collettore Corto circuito Cattivo isolamento	Riscaldamento La dinamo dà poca corrente, forti scintille al collettore Riscaldamento, forti scintille al collettore
	Indotto mal equilibrato Sfregamento con le masse polari	Rumori, oscillazioni della luce
Induttori	Indebolimento del campo induttore	La dinamo non dà tensione normale, forte scintillio
	Mancanza di magnetismo resid. Cattivi contatti Interruzione circuito	La dinamo non si eccita
	Inversione di polarità	La dinamo non si eccita o si eccita con polarità invertita

Induttori	Correnti di eccitazione troppo forti	Riscaldamento, scintillio, tensione elevata
	Corto circuito negli induttori	La dinamo non dà corrente o ne dà poca, si riscaldano gli induttori non in corto circuito
Instabilità e oscillazione della tensione	Cattivi contatti Spazzole mal fissate Cattivo stato del collettore Giunto male eseguito Cattivo funzionamento del regolatore di velocità Sopraccarico	La luce oscilla saltuariamente

§ 133 — **Lavori di riparazione delle dinamo**

In linea generale a bordo non si debbono eseguire che piccole riparazioni.

In vista però di casi speciali di assoluta necessità nei quali occorre eseguire lavori importanti, quali, ad esempio, lo smontamento ed il cambio del collettore, sostituzione parziale o totale dell'avvolgimento indotto o degli induttori, ecc., oltre alle riparazioni più frequenti, saranno qui indicate le maniere di procedere per alcuni di tali lavori.

Norma generale da tenere presente in tutti i lavori nei quali occorre smontare parte dei circuiti interni di una macchina, è quella di segnare con linee di fede le parti che debbono combaciare e con opportuna numerazione tutti i collegamenti che debbono essere rifatti. Attenendosi a tale prescrizione si eviteranno tutti gli errori grossolani di smontamento.

a) *Lavori al collettore.* — Se la superficie del collettore presenta sbavature, piccole rigature, asperità, deposito di materie estranee (carbone delle spazzole) si passerà su di essa tenendo la dinamo a lento moto, della carta smeriglio, applicata su di un tacco di legno sagomato.

Si puliranno poi le lamelle del collettore, con uno spazzolino leggermente bagnato di alcool, passandolo nel senso longitudinale; si asciugherà tutto con un pezzo di tela pulita.

Se il collettore è ovalizzato o presenta profonde solcature, bisogna tornirlo. Questa operazione deve essere eseguita di preferenza in arsenale, si potrà pertanto eseguirla a bordo solo in caso di necessità assoluta.

Per sostituire il collettore di una macchina con altro di rispetto si procede nel seguente modo: tolto da posto tutto l'indotto lo si appoggia su due sostegni

di legno, o su apposito cavalletto. Nello sfilare l'indotto si dovrà curare che l'avvolgimento non sfreghi contro gli induttori, che su di essi l'indotto non rimanga mai appoggiato.

Si dissalderanno poi dalle lamelle le forcelle di connessione (bandiere) d'indotto e collettore, numerandole e disponendole nella giusta successione in modo da evitare errori nel montamento. Ciò fatto si toglieranno le chiavette e si sfilerà il collettore dall'asse.

Si prepareranno le estremità delle bandiere che debbono essere saldate spianandole con una pinzetta, stagnandole e rendendole ben liscie con una lima; eguale trattamento si farà alle estremità delle piastrine del collettore da montare, le quali sono di solito foggiate a forchetta.

Oliato leggermente l'asse dell'indotto, si infilerà il nuovo collettore dopo averne provato l'isolamento. Si introdurranno le estremità da saldare nelle forchette e, se possibile, si stringeranno a forza con una pinza, quindi si eseguiranno le saldature. Queste debbono essere eseguite con grande cura; la forchetta su cui vien fatta la saldatura deve esser molto ben scaldata acciocchè lo stagno penetri bene nell'interno di essa. Una connessione male eseguita o si rompe presto per effetto degli sforzi meccanici che non può sopportare, o si dissalderà per effetto della sopraelevazione di temperatura che a causa del cattivo contatto si ha durante il funzionamento.

Durante le operazioni di saldatura l'indotto dovrà essere protetto con tela, stoppa od altro, ed esser posto in posizione opportunamente inclinata in modo che lo stagno non vi goccioli sopra. Ad ogni saldatura si eseguirà una prova di isolamento fra la piastrina saldata e la piastrina vicina non ancora saldata.

b) *Riparazione degli induttori.* — Quando si manifesta una interruzione o un difetto di isolamento in un avvolgimento degli induttori, bisogna localizzare il guasto e ripararlo. Tolto da posto l'avvolgimento avariato lo si porrà su di un tornio, e si svolgerà da esso il conduttore, riavvolgendolo poi su di un rocchetto di legno.

Se si tratta di una rottura del conduttore, svolgendolo, si troverà il punto avariato; se si tratta di difetto di isolamento fra avvolgimento e carcassa si guarnirà fra uno degli estremi dell'avvolgimento e la massa un volmetro ed una batteria di pile, mentre si comincerà a svolgere l'altro capo dell'avvolgimento. Poichè il filo d'avvolgimento è a contatto con la massa il volmetro devierà; la deviazione però sparisce quando svolgendo il conduttore si è giunti al punto avariato il quale rimane così individuato. Ad ogni modo il conduttore si verificherà continuamente man mano che si svolge, e si potranno così tro-

vare anche i punti avariati che causano corti circuiti interni, senza dar luogo a cattivo isolamento con la carcassa.

Se si riscontrano leggere avarie dell'involucro isolante del filo si migliorerà in quel tratto l'isolamento per mezzo di un filo sottile di lino o cotone che dopo messo a posto sarà verniciato. Se il deterioramento è grave e riguarda un lungo tratto del conduttore bisognerà cambiare tutto questo tratto. In tal caso occorre eseguire con molta cura le giunture: i conduttori da collegare dovranno essere uniti fra loro e saldati accuratamente, l'unione dei conduttori si esegue in varî modi a seconda dei varî tipi. Per i conduttori sottili si attorcigliano fra loro i capi da saldare, che si portano a combaciare e quindi si saldano.

Per rifare completamente un rocchetto induttore si comincierà col fasciare il nucleo con tela e foglie di fibra, e si preparerà, avvolto su rocchetto di legno un conduttore che abbia la stessa sezione ed eguale peso del conduttore che costituiva l'avvolgimento avariato.

Messo il nucleo su un tornio si effettuerà l'avvolgimento mediante successive passate di filo rese più piane battendole con una mazzuola di legno duro. Terminato l'avvolgimento lo si impregnerà di vernice alla gomma-lacca e poi lo si fascerà ancora con fettuccia bianca che verrà essa pure verniciata.

La vernice alla gomma-lacca si ottiene sciogliendo 500 grammi di gomma-lacca bianca, a scagliette od in foglietti, in un litro di alcool (alcool puro di titolo non inferiore a 92°). Si può agevolare lo scioglimento della gomma, riscaldando leggermente la bottiglia a bagno maria.

CAPITOLO XXV

Pile ed accumulatori

§ 134 — Utilizzazione delle pile a bordo

L'importanza delle pile sulle navi è andata a mano a mano diminuendo, sia per l'applicazione degli accumulatori, che in quasi tutti i servizi le hanno sostituite, sia per l'impiego, ora molto esteso, di *devoltatori* o *dinamotori*, i quali hanno l'ufficio di ridurre la tensione normale della rete di bordo al valore richiesto per varî usi speciali (campanelli, accensione delle artiglierie, ecc.).

In talune applicazioni (accensione delle artiglierie), sono ora impiegati per maggior sicurezza, ambedue i sistemi di alimentazione, e cioè sia i devoltatori che gli accumulatori. In alcune altre applicazioni, ove le pile non hanno potuto essere sostituite da devoltatori (reti telegrafiche, telefoniche, ecc.), i quali non dànno una corrente perfettamente continua, si usano batterie di accumulatori.

Al giorno d'oggi quindi a bordo delle navi, le pile sono pochissimo usate. La causa di ciò è da cercarsi nei varî inconvenienti che presentano le pile rispetto agli altri sistemi di alimentazione e cioè: limitata capacità degli elementi, difficoltà di manutenzione, costo elevato e durata limitata.

Un tipo di pila usato a bordo delle navi, è la pila a secco R. Marina alla colloidina. Essa è costituita (fig. 369) da una lamina di zinco avente le dimensioni di m/m 100 per 185 per 0,5, avvolta a cilindro, nell'interno della quale si trova un carbone cilindrico di m/m 120 di lunghezza e di m/m 13 di diametro, circondato da un sacchetto contenente un miscuglio di carbone di storta e di perossido di manganese in polvere.

La lamina di zinco, costituisce l'elemento negativo e il carbone il positivo. Ambedue gli elementi sono immersi in una pasta composta di acqua, cloruro ammonico, amido, grafite, e sublimato corrosivo.

Il tutto è contenuto in una cassetta di legno paraffinata e dal coperchio

della cassetta sporgono i due serrafili. La f.e.m. di questa pila a circuito aperto è di circa volt 1,5.

Poichè lo zinco a contatto con l'elettrolito si deteriorerebbe rapidamente, per evitare ciò si ricorre ad un artifizio e cioè, si ricopre di una lega di mercurio e di zinco.

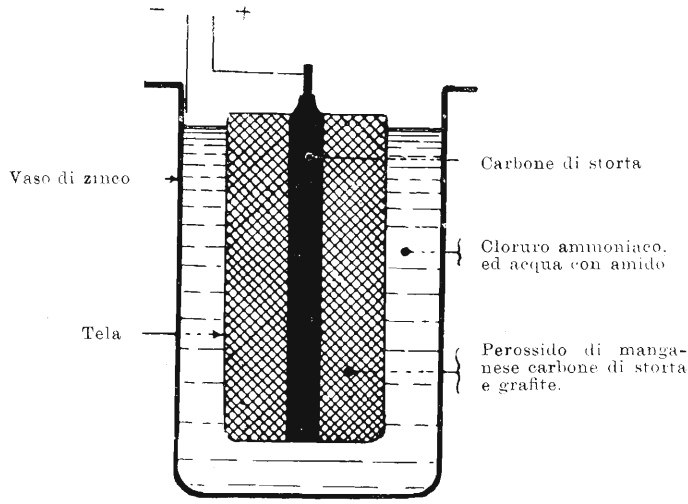


Fig. 369.

Per il raggruppamento degli elementi in serie, in derivazione, od in gruppo misto, basta ricordare che conviene il primo quando si vuol avere una tensione elevata, e quando la resistenza esterna è molto grande rispetto a quella interna della pila; conviene il secondo, quando è sufficiente la tensione di una pila mentre si vuole avere una corrente elevata, e quando la resistenza esterna è molto piccola rispetto a quella interna della pila.

Circa la conservazione delle pile è opportuno che esse siano tenute isolate fra loro e dallo scafo; che i serrafili siano puliti e le pile disposte in modo che questi non possano essere chiusi in corto circuito, che siano conservate in posizione verticale, in luoghi asciutti ed a temperatura non troppo elevata, in quanto col calore si rammollisce l'involucro. Debbono inoltre essere evitate le scosse, le quali, se fanno aumentare temporaneamente la f.e.m., perchè liberano gli elettrodi dai gas che li ricoprono, producono per contro la rottura degli elettrodi stessi, e possono stabilire corti circuiti interni i quali rendono le pile inservibili.

Una pila è praticamente fuori uso quando la f.e.m. è scesa a 0,9 volt e la resistenza interna è divenuta superiore ad 1 ohm. In una batteria di pile, è opportuno verificare spesso singolarmente ciascuna pila, perchè l'aumento eccessivo della resistenza interna di una di esse nuoce a tutta la batteria.

§ 135 — Utilizzazione degli accumulatori a bordo

Gli accumulatori hanno svariatissime applicazioni sia sulle navi che sui sommergibili. Sui sommergibili, gli accumulatori sono usati principalmente per la propulsione e l'illuminazione ed anche come apparecchi di riserva per i vari utenti; mentre sulle Navi essi sono impiegati in batterie di servizio o di riserva, per gli apparecchi R. T. trasmittenti o riceventi, per la illuminazione di riserva dei locali più importanti (macchine, caldaie, centrali di tiro), per la accensione elettrica delle artiglierie, per telefoni e campanelli, per l'alimentazione di riserva delle bussole elettriche, e per l'alimentazione delle lampade portatili.

Sui sommergibili sono esclusivamente usati gli accumulatori al piombo; sulle navi, invece, per i servizi ausiliari, vengono impiegati accumulatori al ferro-nichel, che per la loro costituzione permettono un più rude trattamento e soffrono meno delle inevitabili scosse che subiscono durante il trasporto.

§ 136 — Norme per l'esercizio degli accumulatori al piombo

GENERALITÀ.

Le reazioni chimiche che hanno luogo in un accumulatore al piombo durante la carica e la scarica possono indicarsi con la formula:

$$\overset{+\ \text{elettrolito}\ -}{P_{b0_2} + 2H_2\,So_4 + P_b} = P_b\,So_4 + 2H_2\,0 + P_b\,S0_4$$

$$\xleftarrow{\text{carica}}$$

$$\xrightarrow{\text{scarica}}$$

Il processo di scarica è indicato dalla formula letta da sinistra verso destra, quello di carica dalla formula letta da destra verso sinistra.

CAPACITÀ.

La capacità di un accumulatore è caratterizzata dal numero di amperora che essa può fornire. Questa quantità è diversa per i vari regimi di scarica

e precisamente maggiore per le scariche più lente. E' sempre possibile però far erogare ad un accumulatore la capacità massima, cioè quella corrispondente al più lento regime di scarica, mediante successive scariche con intensità di corrente decrescenti.

CONDOTTA DELLA CARICA.

Bisogna opportunamente regolare le correnti di carica affinchè le reazioni abbiano luogo in tutta la massa delle piastre; se esse si producono incompletamente ed inegualmente nelle diverse parti, si possono avere spostamenti della pasta e rottura delle griglie.

La carica migliore è quella condotta con bassa intensità di corrente riducendone progressivamente il valore fino a zero; in tal modo non si ha produzione di gas, e tutta l'energia spesa per giungere alla carica completa viene utilizzata nella reazione delle piastre, salvo quella parte che necessariamente si trasforma in calore per effetto della resistenza interna degli elementi:

Senza sottoporre gli elementi ad eccessivo lavoro, si può operare in due modi:

a) All'inizio si regola la corrente di carica ad un valore inferiore alla metà di quello massimo consentito nella scarica; quando la batteria a questo regime ha raggiunto la tensione di circa 2,4 volt per elemento, e comincia lo sviluppo dei gas che occorre eliminare, si riduce l'intensità di carica a metà, il che fa cadere la tensione, si continua la carica fino a che i gas ricompaiono. Essendo la tensione risalita a 2,4 volt per elemento, nuovamente si riduce la carica di ¼ ed oltre del valore iniziale, e si lascia salire la tensione fino a raggiungere i 2,7 volt per elemento.

b) Caricando con i mezzi di bordo è più conveniente procedere nel modo seguente:

l'intensità di carica iniziale cade per effetto della f.c.e.m. degli elementi, e quando la tensione unitaria di questi è giunta a 2,4 volt, invece di diminuire la corrente a metà, si mantiene costante la tensione lasciando diminuire la corrente fino ad ¼ del valore iniziale; poi si continua così alla carica completa lasciando alzata la tensione.

Queste regole rappresentano un criterio di guida che è bene osservare tenendo presente che la carica migliore è quella in cui lo sviluppo dei gas è ridotto al minimo e la temperatura degli elementi è mantenuta bassa (non deve oltrepassare i 45°). L'intensità di carica nel primo periodo può essere anche più elevata di quella accennata, ma una volta iniziato lo sviluppo dei gas occorre ridurla per non consumare inutilmente energia. E' bene anzi tener

sempre presente che non si accelera la carica dell'accumulatore tenendo alta l'intensità del secondo periodo, perchè le reazioni chimiche avvengono in questo periodo con maggiore lentezza e l'accumulatore non utilizza che il solo numero di ampère necessario alla produzione di queste, il resto se ne va in pura perdita.

Nelle ebollizioni troppo attive, le piastre positive specialmente soffrono considerevolmente poichè la produzione troppo violenta di gas, provoca lo staccarsi della pasta e la sua caduta sul fondo della cassetta.

Le azioni chimiche dànno luogo a trasformazioni della materia attiva delle piastre che contengono ora piombo, ora solfato, ora biossido di piombo. Poichè questi differenti corpi non hanno la stessa densità e non si presentano con la stessa porosità, le piastre durante le reazioni chimiche si dilatano e si contraggono.

Durante la scarica le piastre positive si dilatano, le negative si contraggono. Perchè queste diverse trasformazioni avvengano in maniera uniforme in ciascuna piastra, occorre che il loro processo si compia con la massima regolarità, il che tanto più facilmente avviene quanto più lente sono le reazioni e cioè quanto minori sono le intensità di carica.

Sovraccarica.

Pur essendo o apparendo l'accumulatore completamente carico, può occorrere prolungare la carica sia per eliminare le solfatazioni, sia per rimescolare bene l'elettrolito dopo il riboccamento, sia per eliminare le disuguaglianze dello stato di carica degli accumulatori collegati in serie nella stessa batteria.

Questa operazione si chiama sovraccarica e deve essere eseguita sempre ad intensità di corrente minima, affinchè l'ebollizione non risulti mai violenta, ma uniforme e moderata, altrimenti si rischia di danneggiare gli elementi.

A tale scopo sarà bene, finita la carica, lasciare le batterie in riposo per qualche ora, e dopo riprendere la carica con corrente minima perchè l'ebollizione avvenga regolarmente senza che gli accumulatori si riscaldino. Tale operazione viene ripetuta con intervalli di riposo, fino a che la densità e la tensione non aumentino più e lo sviluppo dei gas si produca non appena si riattiva la sovraccarica. Benchè risulti utile di praticare la sovraccarica di tanto in tanto, è bene però non abusarne e perciò conviene effettuarla solo quando si fanno i riboccamenti e non più di una volta al mese. E' utile che detta operazione venga eseguita quando si prevede che per un lungo periodo di tempo gli accumulatori non devono essere impiegati attivamente e che devono subire un periodo di inazione.

SCARICA.

La densità di un accumulatore durante la scarica diminuisce all'incirca in ragione degli amperora erogati, ciò che dimostra essere la densità dell'elettrolito una buona indicazione sullo stato di carica dell'accumulatore. Quando la densità è discesa ad un certo valore, con una scarica a forte intensità, non è possibile continuare la scarica con tale intensità di corrente, perchè l'elettrolito non è più sufficientemente ricco di acido per consentire la velocità di reazione chimica necessaria a produrre quella corrente; però il tenore di acidità residuo può consentire la erogazione di correnti di intensità minori che richiedono una minore velocità nelle reazioni chimiche.

La tensione degli accumulatori diminuisce durante la scarica. Se dopo aver scaricato un certo numero di amperore si interrompe la scarica, l'accumulatore a circuito aperto, accusa una diminuzione di tensione tanto maggiore quanto maggiore è l'energia da quello erogata. A parità di amperora erogate, le diminuzioni totali di tensioni dipendono però dal regime a cui è stata effettuata la scarica. Così, per esempio, mentre nella scarica a grande intensità la tensione di ciascun accumulatore discende a 1,65 ed anche a 1,6, scaricando anche una maggiore quantità di energia con minore intensità di corrente si discende ordinariamente a 1,9 e in via eccezionale a 1,8 soltanto.

VENTILAZIONE.

E' necessaria una buona ventilazione durante la carica, per far sì che i gas prodotti siano cacciati all'esterno.

Le piastre emettono gas prima ancora che le bollicine possano vedersi. I ventilatori vanno tenuti in moto per un certo tempo anche dopo cessata la carica, perchè gli accumulatori continuano a produrre gas ancora per qualche tempo dopo cessata la carica.

La ventilazione è necessaria anche per diminuire le deformazioni delle piastre per effetto della diversa distribuzione della temperatura.

Sia per la maggiore intensità di corrente che vi circola, sia perchè tutto il calore prodotto nell'accumulatore vi converge, la parte alta degli accumulatori tende a riscaldarsi molto più della parte bassa; la ventilazione, oltre a raffreddare direttamente la parte alta dell'accumulatore, provoca una rapida evaporazione alla superficie dell'elettrolito il che contribuisce al raffreddamento. I convogliatori debbono essere disposti appunto in modo da favorire tale fenomeno.

I gas sviluppati dagli accumulatori sono: ossigeno ed idrogeno assolutamente inodori: l'odore caratteristico che si sente nei locali è dovuto non ai gas, ma all'acido solforico in sospensione nell'aria dell'ambiente.

L'ossigeno e l'idrogeno possono dar luogo alla formazione di « gas tonante »: ad evitare quindi il pericolo di esplosioni, nei locali delle batterie non si debbono poter formare delle scintille e perciò tutti gli interruttori saranno sistemati al di fuori dei locali stessi.

Nelle batterie munite di convogliatori è necessario assicurarsi spesso della buona tenuta di essi.

OSSERVAZIONI E LETTURE.

Per conseguire regolarità e uniformità di trattamento è conveniente suddividere la batteria in tanti gruppi, stabilire per ogni gruppo un certo numero di elementi destinati ad essere particolarmente sorvegliati: le indicazioni di questi che si chiamano elementi spia, vengono assunte quale indice di quelle di tutti gli elementi del gruppo.

Ciò non esclude sia necessario, di tempo in tempo e almeno una volta al mese prendere le letture per tutti gli accumulatori della batteria, possibilmente durante la stessa carica; così i difetti degli elementi sono prontamente scoperti.

Bisognerà anche tener nota degli accumulatori che non entrano insieme agli altri in ebollizione per poterli sempre seguire.

Le letture dopo la carica, devono essere prese almeno un quarto d'ora dopo che la corrente è stata intercettata, altrimenti non sono attendibili.

RENDICONTO DI SCARICA.

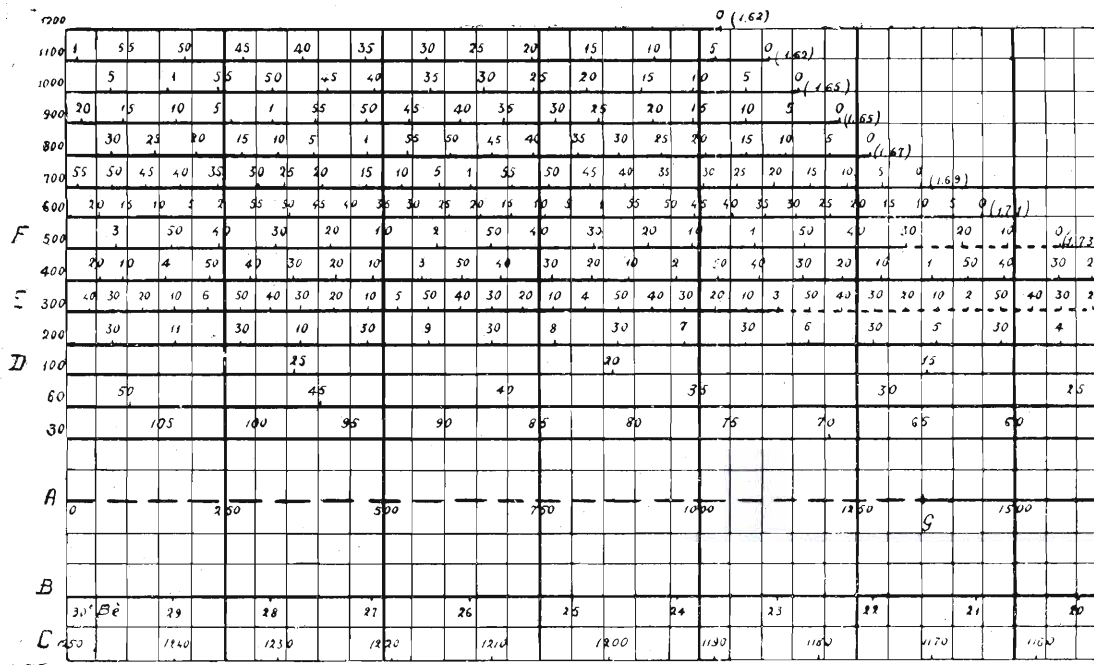
E' necessario conoscere in ogni istante la capacità residua degli accumulatori, e particolarmente, nel caso di batterie di accumulatori di sommergibili, è anche indispensabile conoscere a quale intensità è ancora possibile utilizzare la energia residua.

Un sistema per ottenere ciò è quello di sommare integralmente gli amperora erogati senza occuparsi della intensità alla quale le erogazioni hanno avuto luogo; si può ricavare così la capacità residua della batteria, e quindi mediante apposita tabella (detta tabella delle capacità parziali), si possono ricavare a quali regimi di scarica è ancora possibile scaricare la batteria.

Vengono usati a questo scopo vari diagrammi, fra i quali quello del Comandante Ferretti, riprodotto nella fig. 370.

E' importante osservare che ogni diagramma serve solo per quella batteria per la quale il diagramma stesso è stato calcolato.

Variando il numero degli elementi, od anche sostituendo alcuni degli elementi con altri di diversa casa costruttrice, e comunque di diverse caratteristiche, il diagramma deve essere nuovamente compilato in base alle varianti apportate alla capacità delle batterie.



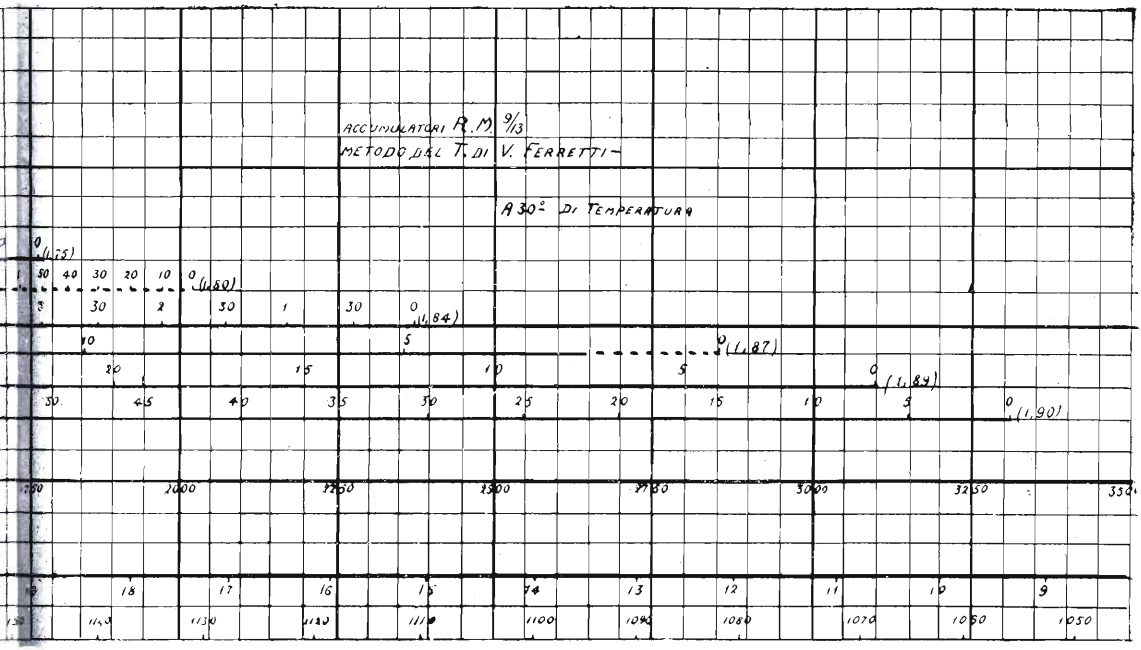
Il diagramma riportato dalla figura è così compilato. Su di un asse orizzontale A, è indicata con una scala graduata la capacità totale della batteria, che nel caso a cui il diagramma si riferisce è di 3500 amperora.

Su di una scala verticale, sono riportate le intensità di scarica; e per ognuna di esse, su linee parallele all'asse A, è indicata in ore e minuti la scala dei tempi.

Due scale orizzontali B e C, inferiormente al diagramma, indicano la densità dell'elettrolito, in funzione della capacità residua, e precisamente le indicazioni sono in gradi Beaumè per la scala B, mentre la scala C, dà il peso specifico dell'elettrolito.

I numeri che si leggono alle estremità di ciascuna linea orizzontale, dànno la tensione per elemento durante la scarica alla intensità cui si riferisce la linea orizzontale stessa.

Per meglio indicare l'uso delle tabelle allegate, si riporta il seguente esempio.



Esempio. — Dalla batteria completamente scarica, si fanno le seguenti erogazioni:

100 amper per due ore
300 » » tre »
500 » » trenta minuti.

Sulla linea orizzontale D, che si riferisce alle intensità di scarica di 100 amper, ed a partire dal punto O, andando verso sinistra si prende un segmento che corrisponde su detta linea all'intervallo di 2 ore.

Successivamente ed analogamente, si agisce sulla linea orizzontale E, F, corrispondenti alle intensità di scarica di 300 e 500 ampère, prendendo su ciascuna di esse un segmento in relazione alle durate di scarica (segmenti distinti sul diagramma con tratti punteggiati).

Si riportano i tre segmenti suddetti uno di seguito all'altro, sull'asse orizzontale A, da sinistra verso destra, partendo dal punto O, e si può leggere al-

l'altra estremità G del segmento riportato , il numero di ampère-ora consumati, che in questo caso è di 1350.

La capacità residua è dunque di 2150 amper. Si osserva subito dal diagramma, seguendo la verticale che passa dal punto G, che con tale capacità residua non è possibile l'erogazione di energia se non ad intensità di scarica inferiore a 1000 ampère, e che per la scarica ad intensità di 600 ampère, detta erogazione sarebbe solo possibile per 10 minuti, di 500 ampère per 28 minuti, ecc.

Il diagramma cioè permette di rendersi prontamente conto non solo della capacità residua, ma della intensità di scarica, e della durata per la quale detta scarica può essere effettuata.

LOCALE DI CARICA.

Deve essere provveduto di buona ventilazione e gli scaffali e le incastellature di legno, che portano le batterie, devono essere appoggiati su isolanti di porcellana.

Il legno va incatramato e verniciato. La carica si fa per mezzo di un apposito quadro di distribuzione il quale comprende un numero di reostati e di

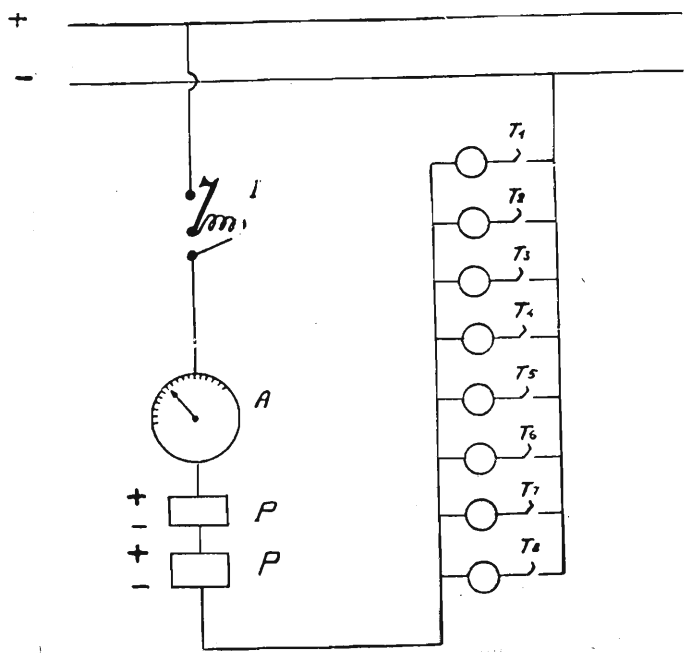


Fig. 371.

derivazioni uguale al numero delle batterie che si suppone si debbano caricare contemporaneamente.

Ogni quadro deve essere munito di interruttore a minima il quale interrompa il circuito quando la corrente di carica è scesa al di sotto di un determinato valore. Ciò è indispensabile per impedire che, qualora la sorgente di energia durante la carica cessasse di erogare corrente, gli accumulatori si scarichino sul circuito esterno, con danno proprio e anche della generatrice.

Per piccole intensità di carica si usano come resistenze di regolazione dei lampadini (vedi fig. 371).

« I » è l'interruttore a minima.

Il quadro di distribuzione della fig. 371 permette una intensità massima di carica di 2,4 ampère, se ciascuna delle lampade consuma 0,3 ampère. Per diminuire la intensità di carica, basta escludere alcune lampade, il che si fa per ciascuna lampada mediante il corrispondente interruttore, T. Per ogni lampada esclusa, la corrente di carica viene ridotta naturalmente di 0,3 ampère.

§ 137 — **Accumulatori Edison al ferro-nichel**

Gli accumulatori al ferro-nichel (o alcalini), sono costituiti di piastre positive frapposte alle piastre negative. Le piastre negative sono in numero di una superiori a quelle positive. Ogni piastra positiva contiene fra due striscie di lamierino perforato, strette da una cornice di acciaio, del perossido di nichel ($Ni\ 0_2$) compresso, misto a polvere di grafite.

Ogni piastra negativa contiene fra due striscie di lamierino di acciaio perforato, del sesquiossido di ferro ($Fe_2\ 0_3$) compresso e misto a polvere di grafite.

L'elettrolito è una soluzione di potassa caustica (K. OH) di densità 1,24.

La potassa in soluzione non prende parte all'azione chimica.

La reazione secondo Edison è

$$Ni\ 0_2 + Fe = Ni\ 0 + Fe\ 0$$

e secondo altri:

$$2\ Ni\ 0_2 + Fe = Ni_2\ 0_3 + Fe\ 0$$

La f.e.m. media di scarica è di circa 1 volt, ed è quindi la metà circa della f.e.m. media di scarica degli accumulatori al piombo.

Il rendimento (rapporto fra la quantità di energia elettrica in watt-ora assorbita durante la carica e quella ceduta nella scarica), è, per questo tipo di accumulatori, di circa 50-55 %, mentre, negli accumulatori al piombo è di circa 70 %.

Gli accumulatori al ferro-nichel, hanno però sostituito gli accumulatori a piombo su tutte le nostre Navi di superfice, dove gli accumulatori sono usati solo per servizi ausiliari.

Il trattamento degli accumulatori al ferro-nichel è molto più facile di quelli al piombo: essi possono essere scaricati, senza pregiudizio alcuno fino a 0 volt.

Entro il limite di temperatura di 45°, il regime di scarica può essere qualunque fino al corto circuito, senza che gli elementi ne soffrano.

Data la conformazione delle piastre, non si può avere caduta della materia attiva, cosa che invece accade facilmente per gli accumulatori al piombo.

Il costo degli elementi al ferro-nichel, è due o tre volte superiore a quello degli accumulatori al piombo, però ciò viene compensato dalla maggior durata.

Un perfezionamento rispetto agli accumulatori Edison, è stato realizzato negli accumulatori Gonin-Marseille, nei quali gli elettrodi positivi sono costituiti da tubi di nichel puro perforati, stretti mediante fili dello stesso metallo, e ripieni di idrossido di nichel.

Gli elettrodi negativi sono costituiti da sacchetti di ferro, montati su due traverse pure di ferro, e collegate insieme nella parte superiore da una lamina di nichel.

Questi accumulatori hanno il vantaggio rispetto agli accumulatori Edison di un minor costo; difatti il loro prezzo supera solo il 30 % quello degli accumulatori a piombo; inoltre il loro rendimento è del 7-10 % circa più elevato di quello degli elementi Edison.

§ 138 -- **Norme per l'esercizio degli accumulatori al ferro-nichel**

COSTITUZIONE E FORMAZIONE DELLE BATTERIE.

Per formare una batteria è conveniente riunire gli elementi entro chassis di legno appositamente sagomati. Mediante isolatori di sostegno e diagrammi si terranno gli elementi isolati fra loro e dalla massa. Spesso le batterie, contenenti un numero di elementi tale da fornire una determinata tensione, vengono fornite già montate in chassis.

Per versare il liquido negli accumulatori si farà uso di un imbuto di vetro e si porterà il liquido ad un livello tale che le piastre siano completamente coperte senza peraltro sovrabbondare, onde impedire che nella carica, gorgogliando, il liquido esca fuori dall'elemento.

Le scatole di ferro nelle quali viene fornita la soda caustica necessaria alla formazione dell'elettrolito, debbono essere aperte solo quando tutto è pronto

per la formazione, in modo che il contenuto non rimanga molto tempo all'aria: tutto il contenuto sarà versato lentamente in un recipiente di ferro o di ferro nichelato od anche di porcellana (quelli di vetro vanno soggetti a facile rottura a causa del calore che si sviluppa durante la soluzione) che conterrà la quantità d'acqua (distillata o piovana) indicata sulla scatola stessa. Il liquido si rimescolerà con una bacchetta di ferro o di vetro, fino a quando le parti solide siano sciolte. La soluzione sarà coperta e lasciata raffreddare almeno fino a 36° C, prima di introdurla negli elementi. Se il liquido ha assunto una colorazione rosso-bruna, bisogna lasciarlo tranquillo fino a che si depositino le particelle coloranti e quindi decantarlo, oppure filtrarlo con lana di vetro. Si eviti l'uso del cotone idrofilo che viene sciolto dalla soluzione. La soluzione deve avere una densità di 1,24 (28° Beaumè). Una discreta quantità di soluzione a concentrazione maggiore sarà convenientemente tenuta in riserva per gli usi che saranno specificati in seguito, conservandola in appositi recipienti di ferro o di vetro con tappo smerigliato e comunque ermeticamente chiusi. Con le stesse cure sarà conservato l'elettrolito che risultasse esuberante al riempimento degli accumulatori.

Gli elementi riempiti saranno accuratamente asciugati, puliti, sgrassati dappertutto ed anche attorno ai reofori, per i quali come per i serrafili, non si userà mai la lima, ma se occorre, carta smeriglio o carta vetro del N. 00.

Carica e scarica.

Avendo più batterie da caricare, il loro collegamento può essere fatto in serie-parallelo, cioè diversi gruppi di elementi in serie collegati fra loro in parallelo. Non è consigliabile eseguire la carica di più batterie in parallelo, perchè questa risulterebbe diversa per le varie batterie in relazione delle diverse condizioni iniziali di ciascuna di esse e del diverso valore di resistenza interna. Se non si vuole rinunciare alla carica con le batterie collegate in parallelo, si avrà cura di inserire in ciascun circuito un reostato di regolazione ed un amperometro per il controllo della corrente di carica, in modo che le batterie raggiungano tutte lo stesso stato di carica.

Prima di iniziare la carica, occorre assicurarsi che gli elementi siano puliti, isolati tra loro e che poggino sopra sostegni isolanti quando sono provvisti di chassis; che i fori per il riempimento siano chiusi con gli appositi tappi per la carica, i quali permettono lo sfogo dei gas; che l'elettrolito copra almeno le piastre ed in caso contrario aggiungervi acqua distillata fino a riportarlo al livello prescritto. *Evitare di eseguire la carica in locali angusti o poco ventilati od eccessivamente riscaldati*: se durante la carica, specialmente

in qualche elemento del centro della batteria, la temperatura della soluzione supera i 45°, occorre sospendere la carica stessa ed attendere che l'elemento si raffreddi.

Carica normale o ad intensità costante.

E' il metodo di carica più consigliabile. Scelta la sorgente di energia elettrica a corrente continua capace di fornire una tensione almeno uguale al numero degli elementi disposti in serie moltiplicata per 1,85, si disporrà nel circuito una resistenza variabile, e la si regolerà continuamente durante la carica, in modo da mantenere costante la corrente fissata.

Gli accumulatori a ferro-nichel non soffrono se si fa una carica a polarità invertita; ma in tal caso, sarà consigliabile, per ripristinare a giuste polarità, il trattamento in seguito descritto per il « Governo delle batterie inoperose e pigre ».

La durata della carica normale è diversa per i vari tipi e sarà specificata in seguito. Per batterie già in parte scaricate, la capacità in ampèrora da fornire sarà calcolata in modo da fornire una carica del 15-20 % superiore alla capacità della batteria. In genere è sufficiente prolungare la carica per 30 minuti dopo aver raggiunta la tensione normale della batteria. Questa varia tra volt 1,8 e 1,9 per elemento, ma tale valore non è assoluto: la carica potrà ritenersi completa quando il voltometro segna, durante mezz'ora, sempre lo stesso valore di f.e.m. che può differire da quello massimo indicato. *Si noti però che le letture al volmetro fatte a circuito aperto, non dànno nessuna indicazione circa lo stato di carica e scarica di tali accumulatori e perciò la tensione dovrà essere letta sotto carica.*

La batteria non soffre anche se viene impiegata prima che sia ultimata la carica normale.

Sovraccarica.

La sovraccarica va fatta lasciando invariata la corrente di carica per un tempo che, a seconda dei tipi di batterie, può andare dalla metà al doppio del periodo normale di carica. E' quindi necessario attenersi alle prescrizioni che vengono stabilite dalle Ditte costruttrici.

Qualche Ditta considera la sovraccarica come la carica fatta con intensità doppia della prescritta per una durata corrispondente al 60 % della carica totale, e completata poi con la normale. Si è riscontrato che questo completamento di carica può considerarsi superfluo, se la carica con intensità doppia è prolungata per mezz'ora.

CARICA FORZATA.

Per necessità si è a volte costretti ad eseguire la carica in un tempo breve e quindi con correnti di intensità maggiore della normale; in questo caso il valore della corrente di carica non è fissato, e può essere qualunque, avendo solo cura però che la temperatura della soluzione non superi in nessun elemento i 45°. Un indizio della sopraelevazione di temperatura è dato dall'elettrolito che trabocca dal foro di riempimento. E' prudente non superare il regime di carica pari a quattro volte il normale.

CARICA LENTA.

Deve intendersi quella fatta con regime di corrente inferiore al normale. Poichè essa però non dà luogo alla trasformazione completa dell'elettrodo negativo, dovrà usarsi soltanto se il regime di scarica è *uguale* o *inferiore* a quello lento scelto per la carica. Se invece si scarica a regime normale una batteria caricata a regime lento, si avrà una rapida perdita di capacità. Per il funzionamento normale quindi sarà sempre meglio sovraccaricare che caricare lentamente.

SCARICA NORMALE.

L'intensità di scarica normale è naturalmente diversa a seconda dei vari tipi e viene per ciascuno di essi indicata.

Come è stato detto innanzi, nella prima mezz'ora di scarica la tensione cade più rapidamente che in seguito: la tensione utile di lavoro può ritenersi di volt 1,2, la tensione minima di 1-0,9. Tali accumulatori possono anche essere scaricati senza pregiudizio alcuno fino a zero volt; ma la caduta da 1 a zero volt è molto rapida e quindi la capacità erogata è minima.

SCARICA FORZATA E SCARICA LENTA.

Entro il limite di temperatura più volte ricordato, il regime di scarica può essere qualunque fino al corto circuito, senza che gli elementi ne soffrano. Questi possono scaricare anche a regime inferiore al normale. E' noto che nel primo caso la capacità diminuisce alquanto; nel secondo caso aumenta.

GOVERNO DELLE BATTERIE DURANTE L'USO.

Per la buona manutenzione degli accumulatori al ferro-nichel è necessario:

1°) Evitare il contatto della soluzione alcalina con quelle acide (soluzione solforica degli accumulatori a piombo).

2°) Non avvicinare alle aperture degli elementi fiammiferi accesi, o fiamme qualsiasi; evitare scintille e scariche causate da cortocircuito fra gli elementi.

3°) Tenere sempre chiusi i fori di riempimento.

4°) Curare che gli elementi siano sempre asciutti esternamente e puliti, evitando che si formino incrostazioni o che corpi estranei, specialmente se conduttori, penetrino tra gli elementi contigui, causando corti-circuiti o dispersioni.

5°) Mantenere gli accumulatori in luoghi freschi e non umidi, esenti da esalazioni di anidride carbonica, ed in cui la temperatura sia contenuta entro i limiti fra — 10° e + 45° C.

6°) Assicurarsi, prima e dopo la carica, che l'elettrolito copra almeno le piastre; in caso contrario riboccare gli elementi con acqua distillata, od in mancanza di questa, con acqua piovana.

7°) Non è necessario verificare spesso la densità dell'elettrolito, ma è indispensabile quando l'accumulatore non dà tutta la capacità normale. La rinnovazione deve essere eseguita dopo circa 300 cariche e scariche ed eccezionalmente ogni qualvolta il liquido è eccessivamente torbido e dà depositi. Cambiando l'elettrolito, la batteria deve essere sottoposta a sovraccarica.

8°) Curare che tutti i contatti siano buoni e che i conduttori siano di sezione sufficiente per evitare dannosi riscaldamenti.

9°) Tener presente che assoggettando gli accumulatori ad un buon lavoro, essi migliorano. Perciò sarà conveniente sottoporre le batterie nuove ad un lavoro addizionale ogni due settimane per i primi due mesi ed ogni due mesi durante altri sei mesi seguenti. Tale lavoro addizionale consisterà in una scarica completa fino a zero, a regime normale, seguita da un corto circuito di circa due ore e poi da una sovraccarica.

Batterie inoperose e pigre.

Le batterie possono rimanere inoperose per lungo tempo, giacchè avendo una scarica interna praticamente nulla, la perdita di capacità è relativamente trascurabile.

Però per riattivarle, prima di rimetterle in servizio, sarà prudente usare loro il trattamento appresso consigliato per le batterie pigre o eventualmente caricate con polarità invertita.

Si devono considerare pigre quelle batterie che non dànno, alla scarica,

la capacità normale. Tale inconveniente può dipendere da scariche persistenti (dovute a poca pulizia degli elementi), dall'aver effettuato frequenti scariche a basso regime, o da lunga inoperosità; talora anche da elementi in corto circuito o inseriti in batteria con polarità invertita od infine da soluzione debole.

All'infuori delle ultime circostanze accennate, le batterie si riprendono quasi sempre, sottoponendole ad una buona pulizia ed a lavoro attivo. Intanto si farà la scarica della batteria deficiente fino a zero volt, a regime normale, indi la si lascierà in corto circuito per qualche ora ed infine si darà una sovraccarica, assicurandosi che il livello dell'elettrolito sia quello prescritto. Ripetendo parecchie volte tale trattamento ed alternando le sovraccariche con le cariche normali, spesso si riesce a rimettere in efficienza la batteria.

La soluzione deve ritenersi debole se l'elettrolito ha peso specifico inferiore a 1,16 (20° Be). Se ha raggiunto tale limite o se è persistentemente torbido, bisogna procedere alla sostituzione integrale della soluzione.

Per eseguire la sostituzione occorre: preparare la nuova soluzione, scaricare la batteria fino a zero, corto-circuitarla, indi togliere una parte della soluzione da ricambiare; colla rimanente sciacquare energicamente gli elementi che saranno poi vuotati e quindi riempiti con la soluzione nuova. Dopo il ricambio, come si è già detto, si darà una sovraccarica.

Se la soluzione, pur essendo di densità inferiore alla normale, ha tuttavia un valore ancora superiore ad 1,16 non occorre ricambiarla integralmente, ma sarà sufficiente aggiungerci un po' della soluzione concentrata tenuta in riserva (come è stato precedentemente indicato) e detta « aggiunta di riempimento ».

Sistemazione delle batterie a terra e a bordo.

Nel sistemare le batterie di accumulatori al ferro-nichel sia a bordo che a terra, occorre tener presente tutte le avvertenze già citate circa la idoneità dei locali, isolamento dei singoli elementi, pulizia di essi, ecc.

Sarà prudente spalmare, con un piccolo pennello, sui coperchi degli accumulatori un sottile strato di vasellina liquida, evitando di darne ai serrafili ed ai punti di connessione elettrica. Di tanto in tanto gli elementi e gli scaffali che li reggono saranno verniciati con pittura isolante, resistente agli alcali. Se gli elementi sono sottoposti all'umidità dell'acqua di mare, si impiegherà una vernice protettiva a base di vasellina.

RIASSUNTO DELLE NORME PIÙ IMPORTANTI.

Diamo qui un riassunto delle norme da tener presenti nel trattamento degli accumulatori al ferro-nichel, norme che sarebbe utile fossero tenute esposte in apposito quadretto, nel locale destinato agli accumulatori.

1° Evitare qualsiasi contatto con soluzioni acide e con attrezzi adoperati per gli accumulatori al piombo. La minima quantità di acido o d'acqua acidulata provoca il deterioramento immediato degli elementi.

2° Non esaminare mai le batterie con fiammiferi o con candele o lampade a fiamma; evitare scintille o scariche causate da corti circuiti fra gli elementi.

3° Riempire gli elementi appena ricevuti: in nessun caso le batterie dovranno essere lasciate vuote per un periodo superiore a tre mesi.

4° Verificare frequentemente che l'elettrolito copra le piastre e che la sua densità sia contenuta fra i limiti di 20 a 30 Bè.

5° Fare i riboccamenti soltanto con acqua distillata o in caso di necessità con acqua piovana o bollita, purchè non carbonata.

6° Curare che gli elementi e i telai siano sempre asciutti, non versare l'acqua sui coperchi, rimuovere le incrostazioni servendosi con molta cura di acqua calda e spazzola, spalmare ogni due mesi con vasellina neutra gli elementi o per lo meno i coperchi.

7°) L'elettrolito dovrà essere ricambiato:

a) se la sua densità è inferiore a 19 Bè;

b) se la batteria ha subìto 300 scariche a cariche complete;

c) se la batteria ha effettuato due o al massimo 4 anni di servizio intermittente a bassa intensità.

8° Dare sempre una sovraccarica:

a) alla messa in funzione;

b) dopo un ricambio di elettrolito;

c) dopo un lungo periodo di riposo;

d) quando la durata della scarica supera un mese;

e) quando la batteria sia stata scaricata a fondo.

9° Caricare le batterie nuove ad un regime piuttosto superiore che inferiore al normale.

10° Assicurarsi che durante la carica in nessun elemento della batteria la temperatura dell'elettrolito superi i 45° C.

§ 139 — Assegnazioni alle RR. Navi delle lampade portatili ad accumulatori e relativi accessori

a) - *Navi di superficie*:

Le assegnazioni alle RR. Navi delle lampade portatili di sicurezza ad accumulatori, e dei relativi accessori, sono stabilite come segue:

Navi da battaglia di I^a e II^a classe	N.	150
Incrociatori tipo « Trento »	»	100
Esploratori tipo « Ancona »	»	55
Esploratori tipo « Quarto »	»	50
Esploratori tipo « Leone »	»	20
Esploratori tipo « Aquila » e « Rossarol » e CC. TT. tipo « Calatafimi » e « Palestro »	»	15
CC. TT. altri tipi	»	12
Torpediniere	»	8
M. A. S.	»	3
Navi sussidiarie da 4.000 T. in su	»	12
Navi sussidiarie inferiori a 4.000 T.	»	8
Navi appoggio M. A. S. e appoggio sommergibili tipo « Sorrento » e « Pacinotti »	»	12
Cannoniere e affondamine	»	8
Cisterne tipo « Polifemo »	»	10
Cisterne tipo « Verde » e « Prometeo »	»	6

b) - *Sommergibili*:

Le assegnazioni ai sommergibili delle lampade portatili di sicurezza ad accumulatori, e dei relativi accessori, sono stabilite come segue:

Per i tipi F - X - H - N	N.	10
Per i tipi Pisani - Mameli	»	16
Per i tipi Mocenigo - Nani	»	16
Per i tipi Balilla	»	18

CAPITOLO XXVI

Norme per la condotta e la manutenzione delle batterie di accumulatori elettrici dei sommergibili

§ 140 — Influenza della temperatura sulla capacità degli accumulatori

Trattandosi di elementi di notevole capacità, l'influenza della temperatura su questi non è trascurabile. Come dato approssimativo si può ritenere che ogni grado di variazione della temperatura corrisponde ad una variazione di capacità di circa 0,8 % nello stesso senso. Di solito le capacità vengono riferite alla temperatura di 20° C. Indicando con C_{20} la capacità relativa alla temperatura a 20° e con C quella relativa ad una temperatura di t° si ha:

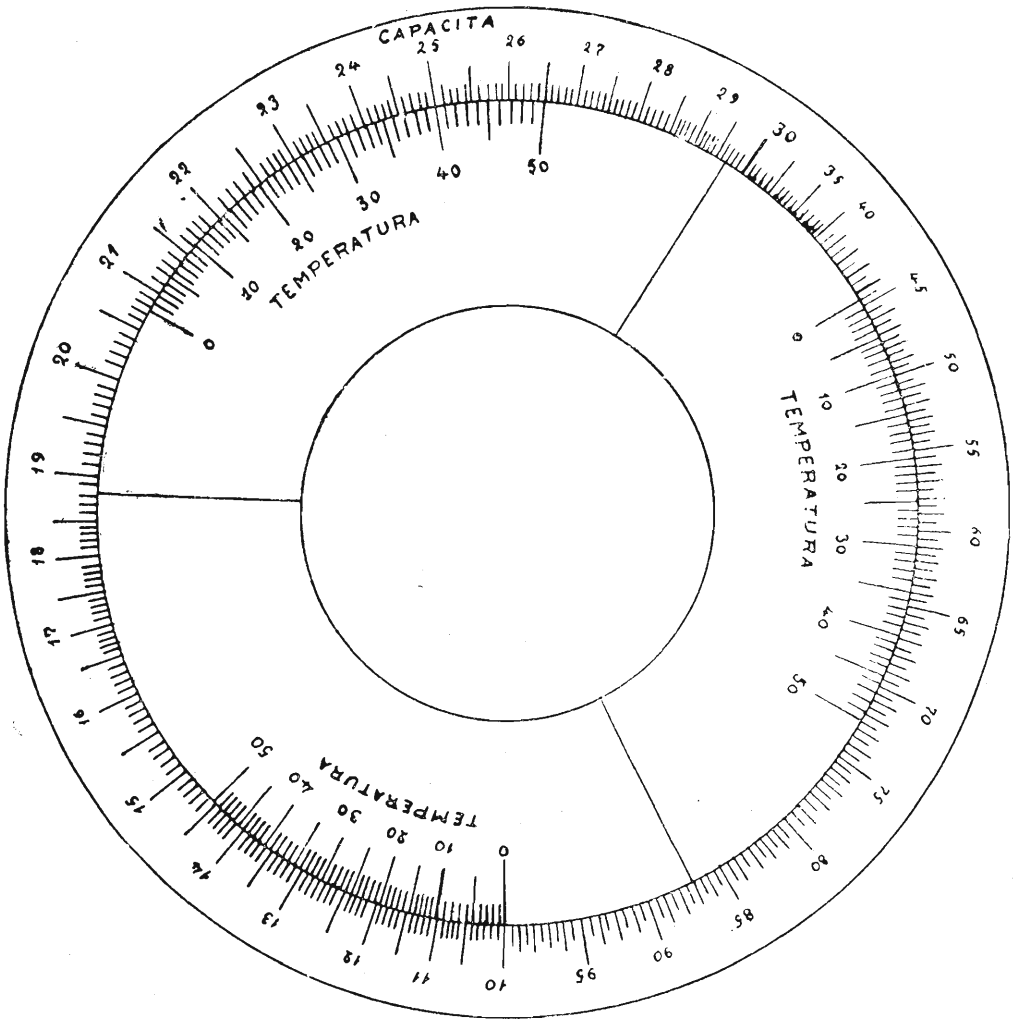
$$C_t = C_{20} [1 + 0{,}008 (t° - 20°)]$$

Il Capitano di Corvetta Petroni ha realizzato un regolo circolare per la determinazione della capacità e della densità di un accumulatore alle varie temperature. Tale regolo è rappresentato nella fig. 372.

TENSIONE.

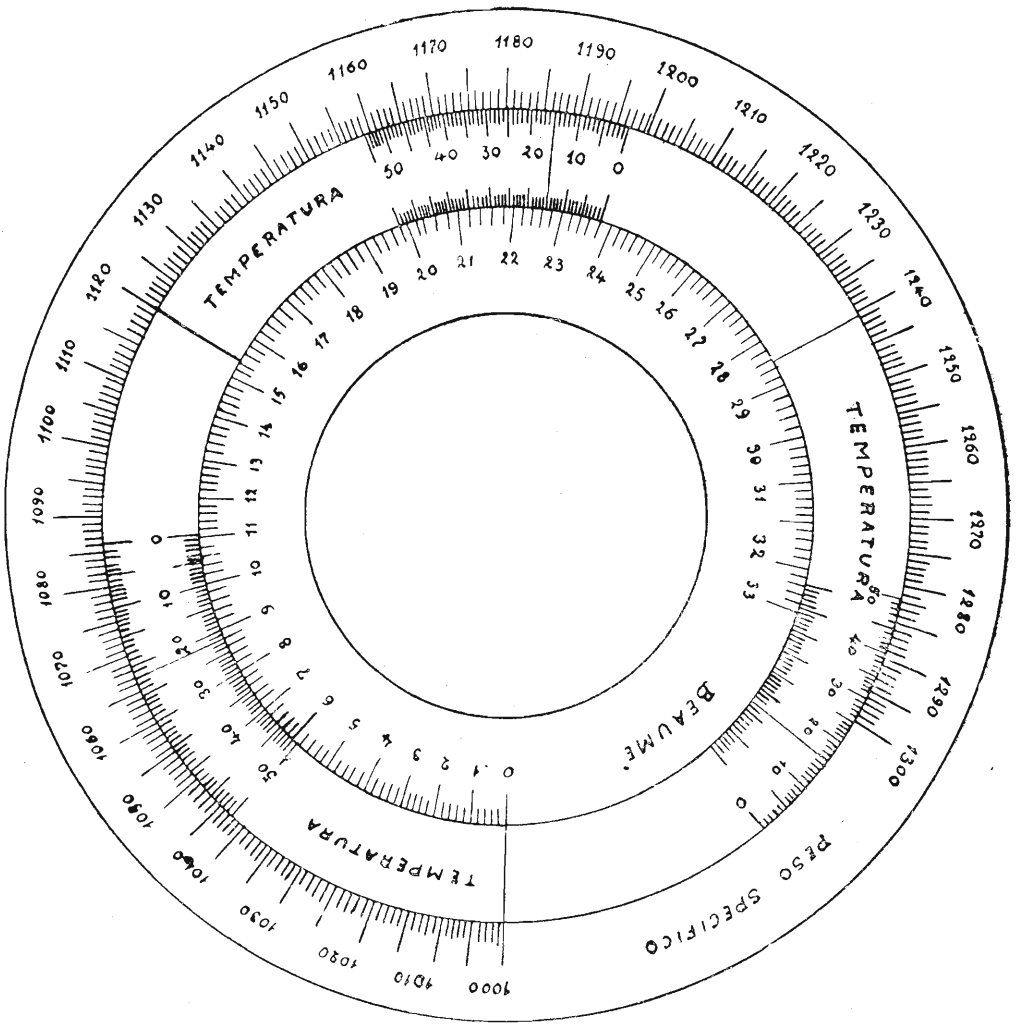
La tensione di un elemento a circuito aperto è di 2,08 volt. Appena iniziata la scarica, la tensione si abbassa e tanto più quanto maggiore è la intensità della corrente di scarica. La tensione, al proseguire della scarica, continua a scendere ma meno rapidamente; giunti però ad un minimo di 1,6 volt, occorre interrompere la scarica per non danneggiare l'accumulatore.

Quando l'accumulatore è perfettamente in ordine e quando la scarica viene fatta ad intensità costante ed in modo continuo senza interruzioni, la misurazione della tensione può indicare approssimativamente, ad ogni istante, lo stato di carica dell'elemento.



Esempio

Temperatura	40
Capacità misurata	3000
Capacità corrente a 20°	2500



Esempio

15.4	Temperatura misurata		36
cifico 1120	Densità misurata Beaumè		21.2
	Densità corretta a 15°	Beaumè	22.7
		Peso specif.	1187

Nel caso invece che la scarica venga frequentemente interrotta, ovvero abbia luogo con una corrente molto debole, la tensione non è più un indizio sicuro per riconoscere lo stato di scarica della batteria.

DENSITÀ.

La densità dell'elettrolito diminuisce man mano che procede la scarica dell'accumulatore; perciò se l'accumulatore è in perfetto ordine e la densità dell'acido, a fine carica, viene mantenuta nei limiti prescritti, le letture della densità possono servire a dare con sufficiente approssimazione lo stato di carica dell'elemento e ad indicare anche a quali regimi può essere ulteriormente caricato. Questi ultimi saranno i regimi ai quali corrisponde una densità di fine scarica inferiore a quella rilevata.

Occorre accuratamente sorvegliare i valori della densità a fine carica, perchè, come si vedrà in seguito, valori anormali di essa possono dare indizio di anomalie negli accumulatori (solfatazione).

La densità viene misurata prelevando dall'accumulatore a mezzo di una pera di gomma una certa quantità di elettrolito che viene versata in un vaso di vetro nel quale si applica il densimetro.

I densimetri possono essere graduati in scala centesimale o in scala Beaumè.

La relazione tra le due scale è riportata, per il campo che interessa gli accumulatori, nella seguente tabella:

Scala centesimale	Scala Beaumè	Scala centesimale	Scala Beaumè
1,08	10,7	1,18	22
1,09	11,9	1,19	23
1,10	13,1	1,20	24
1,11	14,3	1,21	25
1,12	15,4	1,22	26
1,13	16,6	1,23	26,9
1,14	17,7	1,24	27,9
1,15	18,8	1,25	28.8
1,16	19,8	1,26	29,7
1,17	20,9	1,27	30,6

Il valore della densità varia con la temperatura e precisamente, per ogni grado di variazione della temperatura rispetto alla temperatura di riferimento

di 15° C., la densità varia di circa 0,7 per mille in senso inverso, cioè si può approssimativamente ritenere:

$$d_t = d_{20} \left[1 - 0.0007 \ (t° - 20°) \right]$$

Il valore normale della densità ad elemento carica deve essere di 1,22 - 1,23 circa.

ELETTROLITO.

L'acido solforico e l'acqua distillata adoperati devono essere chimicamente puri. Le impurità che più spesso si manifestano sono: cloro, acido nitrico, acidi organici, ferro, rame.

Per impedire che durante i riboccamenti e le manutenzioni si mescolino impurità con il liquido, tutti i recipienti come: damigiane, vasche di vetro, pere di gomma, tubi, imbuti, ecc., nonchè i densimetri, devono essere accuratamente lavati con acqua distillata prima dell'uso. Inoltre occorre badare che nessun metallo solvibile nell'acido solforico (ferro, rame, ecc.) venga a trovarsi a contatto con esso.

Il riboccamento degli elementi deve essere fatto prima che il livello dell'elettrolito sia disceso al disotto dell'orlo superiore dei separatori.

E' opportuno eseguire la revisione del livello dell'elettrolito a batteria scarica e prima di cominciare la carica, perchè appunto allora il livello è il più basso.

Il riboccamento deve essere fatto prima dell'inizio della carica ed eseguito con grande cura ed attenzione, in modo da non versare liquido fra gli elementi o sui serrafili e sulle connessioni in genere. Un buon sistema per eseguire questa operazione è quello di far uso di un tubo di gomma munito di rubinetto di ebanite ad una estremità e collegato all'altra con un recipiente posto in posizione sopraelevata rispetto agli accumulatori.

I riboccamenti devono essere fatti esclusivamente con acqua distillata.

Solo quando, anche dopo ripetute sovraccariche, qualche elemento rimanga ad una densità inferiore alla stabilita, specialmente se si tratta di elementi nuovi o ricostruiti, allora solo ed eccezionalmente, potrà essere messo nell'elettrolito dell'acido solforico del peso specifico di 1,22.

Prima però di aggiungere acido è assolutamente necessario assicurarsi, come si è già detto, che la densità non salga con sovraccariche prolungate e non si tratti di un elemento solfatato, nel quale cioè, il solfato di piombo che si forma sulle piastre alla scarica non si sia più completamente risolto con le successive ricariche.

La non esatta osservanza di queste prescrizioni può indurre ad aggiungere acido solforico quando la densità è minore per effetto, ad esempio, di una carica non completa, per cui, specialmente se l'operazione dovesse ripetersi più di una volta, l'elemento verrebbe a contenere acido a sempre maggiore concentrazione con la conseguente distruzione delle piastre in un tempo inferiore alla durata normale.

Una densità inferiore alla prescritta, non può avere al contrario altro effetto che diminuire la capacità dell'elemento, senza perciò nuocere alle piastre, poichè l'inconveniente, con un'accurata revisione, può essere facilmente eliminato.

Riassumendo quindi:

Una densità elevata conferisce una maggiore capacità all'accumulatore ma compromette la durata delle piastre, mentre una densità moderata è utile per la buona conservazione delle piastre ma fa diminuire lievemente la capacità.

Le batterie che debbono rimanere lungo tempo inattive, vanno conservate senza liquido onde evitare il deterioramento delle piastre.

Questo avviene infatti non solo per effetto del funzionamento normale dell'accumulatore, cioè cariche e scariche successive e conseguenti trasformazioni della materia attiva delle piastre, ma anche per invecchiamento; è anzi da tener presente che alla buona conservazione degli elementi contribuisce più un lavoro regolare che non una semi-inattività.

Il lavoro di densità più opportuno per batterie che prestano servizio, tenuto conto: da un lato, del vantaggio che con densità bassa si può ottenere nella durata delle piastre e dall'altro della riduzione della capacità che ne consegue, risulta compreso fra 1,25 ed 1,20.

§ 141 — **Scarica**

La scarica deve essere condotta tenendo presente quanto è stato detto nei riguardi della capacità, tensione e densità.

Lo stato di scarica di una batteria, come si è visto, può essere dedotto dalla lettura della tensione sotto scarica e principalmente, con maggior approssimazione, dalla misura della densità.

Devono per altro essere accuratamente registrate nel registro della batteria le scariche fatte, segnando intensità e tempo, in modo da poter in ogni momento calcolare gli amperora totali caricati a partire dall'inizio della scarica. Durante la scarica, e specialmente verso la fine di essa, è necessario misurare

a brevi intervalli di tempo la tensione (in preferenza direttamente sugli elementi, specialmente se ve ne sono di quelli deficienti).

E' da tenere presente che le scariche a forte intensità non sono favorevoli ad una buona conservazione degli elementi, dando luogo a violenti reazioni chimiche.

Sono invece opportune, e contribuiscono a mantenere in efficienza la materia attiva delle piastre, scariche di moderata intensità e prolungate, le quali dànno luogo a reazioni di moderata velocità e che interessano tutta la materia attiva delle piastre.

Quando il sommergibile è in porto, la batteria è in generale assoggettata ad una lentissima scarica per il servizio di porto, la manutenzione dei macchinari, e per la scarica spontanea. Poichè queste scariche sono lentissime, corrispondono in certo modo quasi ad inattività degli elementi. Esse perciò non debbono essere prolungate eccessivamente. Pertanto la carica in questo caso va effettuata almeno una volta per settimana. Se l'intervallo fosse maggiore, si produrrebbe una solfatazione più o meno profonda delle piastre, sia positive che negative, con conseguente pericolo di rotture e sgretolamento delle prime e indurimento delle seconde.

Conviene pertanto, sempre che possibile, che l'energia elettrica per il servizio di porto sia presa da terra, anzichè dalle batterie.

Le batterie normalmente si ricaricano entro le 24 ore seguenti ogni scarica normale completa o quasi, e settimanalmente quando adibite solo per il servizio elettrico in porto.

§ 142 — **Carica**

La carica può essere fatta a varie intensità di corrente, le quali debbono però essere tutte inferiori ad un valore massimo fissato per ogni tipo di batteria e tali che in nessun elemento venga ad essere superata la temperatura massima di 40°. Eccezionalmente può essere tollerata una temperatura di 45°.

Per una carica rapida, si deve procedere nel modo seguente: si comincia la carica con la corrente massima ammessa e si continua fino a quando la tensione ai poli di ogni elemento ha raggiunto 2,4 V. Raggiunta tale tensione si riduce l'intensità di corrente a metà; la tensione allora diminuisce, ma risale poi gradatamente. Quando ha raggiunto nuovamente 2,4 volt per elemento, si riduce ancora a metà la intensità di corrente di carica (cioè a ¼ della iniziale) e si continua la carica con questa corrente fino a portare la tensione a 2,7 volte per elemento.

E' bene però, nell'interesse della conservazione e della durata della batteria e per ottenere un rendimento migliore, ch la carica, salvo casi speciali in cui occorre caricare rapidamente, venga eseguita partendo da una corrente circa eguale ai $^2/_3$ di quella massima ammessa.

Durante la carica, come si è già detto, bisogna sorvegliare accuratamente che la temperatura degli elementi non oltrepassi i 40° C. Una temperatura troppo elevata produce la solfatazione degli elementi in quanto il solfato di piombo oltre i 45° è parzialmente solubile nell'acqua, mentre, appena la temperatura diminuisce, cristallizza, depositandosi alla superficie delle piastre ed anche nella massa. Esso è cattivo conduttore, quindi fa aumentare la resistenza interna dell'elemento in modo che l'ebollizione e la tensione di fine carica si raggiungono più presto, con conseguente insufficiente ricarica e quindi peggioramento delle condizioni dell'accumulatore che va solfatandosi sempre di più.

All'inizio della carica vi è molto solfato di piombo nella pasta attiva delle piastre e poco acido in soluzione nell'elettrolito; pertanto la corrente va spesa totalmente per la trasformazione del solfato. Verso la fine della carica, invece, quando la trasformazione degli strati della massa attiva delle piastre è pressochè ultimata, solo una piccola parte della corrente va spesa per completare la trasformazione, mentre la parte rimanente decompone l'acqua in idrogeno ed ossigeno. Per questa ragione si prescrive la carica in tre periodi ad intensità gradatamente decrescente.

L'intensità di corrente dell'ultimo periodo deve essere tale da non dar luogo ad uno sviluppo di gas troppo violento, il quale danneggerebbe le piastre, e specialmente le positive, in quanto produrrebbe il distacco della pasta da esse. Lo sviluppo di gas che deve aversi in questo periodo deve essere tale da produrre il leggero rimescolamento dell'elettrolito sufficiente a garantire l'omogeneità della densità nei varî strati. E' evidente che senza questo rimescolamento la densità del liquido sarebbe decrescente dal basso verso l'alto e quindi risulterebbe un maggior consumo della parte inferiore delle piastre dove le reazioni sarebbero più intense.

Il numero di amperora che devono essere forniti alla batteria durante la carica normale, risulta circa eguale al 105 ÷ 110 % degli amper-ora scaricati.

Alla fine della carica si debbono osservare i seguenti fenomeni:

1° Lo sviluppo dei gas è ugualmente intenso, tanto alle piastre positive che alle piastre negative.

2° La densità dell'acido è salita al suo valore normale massimo e non aumenta più continuando la carica

3° La tensione è salita al suo valore normale massimo di 2,7 V circa per elemento.

Uno solo o due di questi fenomeni non sono sufficienti ad indicare che la carica è completa, ma essi si devono verificare insieme.

Un accumulatore infatti può sviluppare gas regolarmente, aver raggiunta la tensione normale e pure non essere ancora completamente caricato perchè non ancora ultimata la trasformazione del solfato di piombo delle piastre.

La massima importanza si deve, in ogni caso, dare alla densità dell'elettrolito, la quale deve, a fine di carica, aver raggiunto il valore normale, indicando così che tutto il solfato di piombo è stato trasformato. Se ciò non fosse, e se più cariche incomplete si ripetessero, il solfato rimasto per un certo tempo nella massa attiva, diverrebbe un prodotto stabile e si avrebbe quindi la solfatazione delle piastre.

Durante la carica si devono seguire le seguenti prescrizioni:

Verificare il riboccamento degli elementi e specialmente di quelli più prossimi agli estrattori. Se le piastre non sono completamente ricoperte dall'elettrolito, si producono negli elementi riscaldamenti, solfatazioni e facili corti circuiti.

L'impianto per la estrazione dei gas deve essere messo in funzione al principio della carica ed arrestato mezz'ora dopo la fine di questa.

In seguito è conveniente, pur non essendo strettamente necessario, prolungare l'estrazione dei gas, facendo funzionare per tutta la giornata gli estrattori con periodi di mezz'ora circa di funzionamento, alternati con mezz'ora di riposo.

Il giorno successivo alla carica, gli estrattori saranno messi in moto per mezz'ora ogni sei ore.

E' necessario accertarsi, specialmente dopo una sovraccarica, che tutte le prese di estrazione dei gas sui singoli elementi siano a tenuta, e verificare per ogni elemento l'efficienza di estrazione.

Dove non esistono particolari dispositivi per misurare la depressione nelle condotte di estrazione, è sufficiente presentare davanti alle prese una piccola elica di materiale leggero la quale si metterà a ruotare per effetto della aspirazione stessa.

Dalla velocità assunta dall'elica si può arguire la uniformità e l'efficienza di aspirazione in modo sommario, salvo ad effettuare periodicamente ispezioni più rigorose.

Se il locale è munito di sistemi di ventilazione, anche questi saranno messi in funzione durante la carica in modo che, avendosi una corrente d'aria che lambisce gli accumulatori, si eviti la formazione sulle pareti esterne delle cassette di un velo di umidità acida, che è causa di dispersioni.

Spesso l'impianto di ventilazione comprende anche dispositivi atti a ri-

scaldare l'aria che viene inviata nel locale; in questo caso nei periodi susseguenti alla carica durante i quali si fa funzionare l'estrazione, si invierà nel locale aria riscaldata a 30°.

Se i motori degli estrattori sono sistemati nel locale accumulatori, si verifichi accuratamente che, sia ai collettori, sia alle spazzole dei reostati di messa in moto non si verifichino scintille: se ciò accade occorre provvedere immediatamente.

Se vi sono nei locali interruttori sprovvisti di protezione contro le scintille, questi non debbono essere manovrati durante la carica, specialmente nel terzo periodo e durante le sovraccariche. Evitare in maniera assoluta che oggetti metallici, pinze, chiavi, ecc., possano cadere sulle batterie e quindi causare corti circuiti aventi gravi conseguenze a causa della presenza di gas nel locale. Nel locale accumulatori pertanto non si dovrà mai far uso di lampadine portatili con gabbie di ferro, ma esclusivamente di lampade portatili ad accumulatori, rivestite di cassette di legno.

Durante la carica dovranno essere particolarmente sorvegliati cinque elementi per ogni sottobatteria, scelti opportunamente in base alle revisioni periodiche.

Per questi elementi si dovranno rilevare ogni ora, e possibilmente ogni mezz'ora nel terzo periodo, la tensione, la temperatura e la densità.

Durante la carica saranno verificate accuratamente le connessioni degli accumulatori per accertarsi che qualcuna non si scaldi per cattivo contatto dovuto a qualche perno stretto imperfettamente.

Qualora esistano i bulloni con testa munita di apposito incavo, in questa sarà messa della vasellina. In tal modo il cambiamento di colore che avviene nella vasellina quando essa si liquefà, permette di rilevare rapidamente un eventuale eccesso di temperatura.

E' opportuno anche, in occasione di revisioni alle batterie, accertarsi che tutti i dadi dei serrafili e delle connessioni siano ben stretti.

§ 143 — **Sovraccarica**

Come è stato più volte detto, per la buona conservazione delle piastre è di grande importanza che la carica sia condotta sempre fino alla fine.

Per raggiungere tale scopo si esegue la sovraccarica.

Essa deve essere pertanto condotta nel seguente modo:

Ultimata la carica normale, la batteria viene lasciata per un'ora in riposo. A questo riposo si fa seguire un periodo di carica pure di un'ora, coll'intensità del terzo periodo e così si continua, intercalando riposi di un'ora a pe-

riodi di carica di un'ora per tre volte almeno e, ad ogni modo, finchè gli elementi, appena vien ripresa la carica, sviluppino abbondantemente gas, sia dalle piastre positive che negative, e finchè la densità e la tensione non aumentino più continuando la carica.

E' facile comprendere come con la sola carica normale non si riesce ad avere uniformità di carica in tutti gli elementi della batteria a causa delle inevitabili differenze di comportamento e delle differenze di condizioni iniziali dei varî elementi. Mediante la sovraccarica invece tutti gli elementi vengono portati allo stesso livello, poichè, con i periodi alternati di riposo e di carica, si riesce ad ottenere in ognuno di essi la completa riduzione del solfato di piombo delle piastre e specialmente delle positive. Nel periodo di sovraccarica inoltre si ottiene in ogni elemento in seguito al prolungato rimescolamento dell'elettrolito, una perfetta uniformità della densità, la quale, per effetto dei riboccamenti che precedono ogni carica e dell'insufficiente rimescolamento nella carica normale, tende ad essere più forte nelle parti inferiori degli elementi.

La sovraccarica deve essere eseguita:

1° Regolarmente una volta al mese in occasione della revisione della batteria (sovraccarica « mensile »).

Durante questa sovraccarica dovranno essere misurate singolarmente per tutti gli elementi la tensione, la densità e la temperatura onde verificare che non vi siano elementi deficienti.

2° Quando la batteria sia stata scaricata più del normale o quando la carica sia state varie volte insufficiente.

3° Quando la batteria, dopo la scarica, è rimasta senza essere caricata per un tempo maggiore di quello massimo stabilito.

4° Quando la batteria deve rimanere per un lungo periodo di tempo inattiva. In tal caso, prima di lasciare la batteria a riposo, bisogna scaricarla a fondo, ricaricarla e procedere poi alla sovraccarica.

Durante il periodo di riposo sarà fatta ogni due, od al massimo tre settimane una carica, sovraccarica e revisione.

5° Ogni volta che per una delle cause suddette o per altre vi sia un principio di solfatazione.

Durante i periodi di grandi lavori al sommergibile ed in genere tutte le volte che esistono circostanze speciali che impediscono di effettuare il trattamento normale delle batterie, queste debbono essere sbarcate onde provvedere alla loro conservazione e manutenzione a terra.

§ 144. — Manutenzione e trattamento delle batterie

ISOLAMENTO DELLA BATTERIA.

Le cassette all'atto dell'imbarco delle batterie saranno accuratamente verniciate mediante vernici isolanti speciali; non devono essere spalmate con vasellina od altri grassi.

Ogni qualvolta gli elementi o parte degli elementi dovessero essere sbarcati, bisogna lavare le cassette con acqua, asciugarle bene, e riverniciarle.

Se si riscontrano deficienze di isolamento che si presume dipendano dal cattivo stato delle superfici esterne delle cassette, bisogna procedere al lavaggio di queste. Per far ciò si verserà, mediante un tubo di gomma, acqua distillata sulle parti esterne delle cassette, le quali verranno poi asciugate con aria calda inviata con mezzi opportuni, sotto o di fianco agli elementi.

Sarà curata particolarmente la sistemazione degli elementi sugli appositi isolatori di ebanite spalmati di paraffina. La cassetta deve poggiare esclusivamente su di essi senza alcun contatto con strutture metalliche dello scafo.

Speciali isolatori, pure paraffinati, saranno accuratamente sistemati fra i varî elementi contigui.

Ogni anno, dal personale di bordo, nel periodo normale di manutenzione, sarà provveduto, sollevando se necessario qualche elemento, al lavaggio della sentina con acqua dolce prima, e con soluzione di soda dopo, e poi nuovamente con acqua dolce. Riscontrando tracce di acido in sentina, si dovrà subito verificare se dipende da perdite di qualche elemento ed eliminarle.

PULIZIA.

La pulizia della batteria ha una grande importanza per l'isolamento della medesima e per evitare l'inquinamento dell'elettrolito. Si devono perciò di frequente pulire gli elementi della polvere che si deposita ed asciugarli dalla umidità che vi si condensa.

Va fatta speciale attenzione che nessuna impurità e nessun corpo estraneo penetri negli elementi; essi potrebbero provocare un rapido deterioramento delle piastre.

Si verificheranno periodicamente in modo particolare le connessioni ed i morsetti di presa i cui bulloni dovranno essere di tanto in tanto ingrassati con vasellina, e si eliminerà immediatamente qualsiasi principio di ossidazione che potrebbe essersi verificata qualora fosse asportata la piombatura. Se si forma dell'ossido nelle strutture del locale della batteria, lo si deve togliere subito con cura.

E' assolutamente da evitare ogni possibile infiltrazione di acqua di mare negli elementi. Gli elementi verrebbero rapidamente distrutti nel mentre si avrebbe sviluppo di gas venefici di cloro.

Qualora dovesse verificarsi l'entrata di piccola quantità d'acqua di mare in un elemento, occorre smontarlo subito e lavare accuratamente e ripetutamente tutto con acqua distillata; si rimonta poi l'accumulatore e si rimette solo acqua distillata che viene spesso ricambiata fino a che non vi sarà più traccia di cloro. Solo allora si potrà rimontare l'elemento in acido a densità normale.

REVISIONE ESTERNA.

Occorre verificare spesso gli sfogatoi del condotto di estrazione e le loro connessioni con il condotto principale. Si dovranno verificare spesso anche gli aspiratori ed assicurarsi che l'entrata dell'aria non sia ostacolata da corpo estranei introdottisi nei condotti di aspirazione.

Poichè l'aria che attraversa i condotti di estrazione porta con sè delle particelle di liquido acido, è necessario, almeno una volta ogni tre mesi, smontare le connessioni di gomma fra i singoli accumulatori ed i collettori di estrazione, e lavarle accuratamente con acqua dolce e soluzione alcalina.

Si dovranno spesso accuratamente visitare le cassette per controllare che non vi siano trasudamenti dovuti o a piccole fenditure o a porosità del materiale.

Il controllo del livello dell'elettrolito può aiutare a rintracciare qualche perdita.

Riscontrando delle perdite, bisogna procedere al lavaggio della sentina con acqua dolce, poi con soluzione di soda per neutralizzare i residui di acido e quindi nuovamente con acqua dolce.

REVISIONE PERIODICA INTERNA DELLE BATTERIE — SCARICA BIMESTRALE.

Si è già detto che scariche e cariche di moderata intensità condotte a fondo concorrono a mantenere in efficienza l'accumulatore, conservando in buone condizioni di attività tutto lo spessore della pasta delle piastre, mentre invece le scariche parziali fanno lavorare solo gli strati superficiali della pasta, lasciando quelli più interni inattivi.

Su un sommergibile difficilmente le scariche per servizi normali sono complete; è pertanto necessario di quando in quando far lavorare a fondo la batteria.

A questo scopo è prescritto di eseguire ogni due mesi una scarica della

batteria corrispondente almeno al 90 % della capacità della batteria e con la corrente relativa alla scarica in 20 ore.

La scarica successiva deve essere molto lenta e cioè dall'inizio alla fine dovrà essere condotta con intensità costante corrispondente a quella del terzo periodo della scarica normale. Dopo avere ricaricato in questo modo, si lascia riposare per un'ora la batteria e poi si effettua una sovraccarica, alternando periodi di un'ora di carica e di un'ora di riposo per tre volte almeno, come si è già detto precedentemente.

Prima di iniziare la scarica saranno fatte le letture della densità e della temperatura per tutti gli elementi e, appena iniziata, quella della tensione, pure su tutti gli elementi.

Durante la scarica saranno rilevate ogni ora, densità, tensione e temperatura per ogni gruppo di cinque accumulatori per sottobatteria, scelti di preferenza fra quelli che presentano qualche deficienza o irregolarità di comportamento.

Finita la scarica si rileveranno questi dati per tutti gli accumulatori e si verificherà il livello del liquido nei vari elementi.

L'elettrolito deve trovarsi circa 15 mm. al disopra delle piastre, in modo che vi siano almeno 25 mm. fra asse e le luci di aspirazione dell'estrazione del gas.

Eseguita l'ispezione del liquido ed il riboccamento con le norme e precauzioni già dette, bisogna nuovamente caricare le batterie. Trattandosi di carica per manutenzione, questa deve essere condotta a bassa intensità e cioè, dall'inizio alla fine, con l'intensità indicata per il terzo periodo di carica.

Restituita alla batteria la dovuta quantità di amperora, si lascia la batteria in riposo per un'ora e poi si fa seguire una sovraccarica con le norme già date.

Anche durante la carica si rileveranno gli stessi elementi rilevati e registrati durante la scarica e cioè:

a) densità e temperatura di tutti gli elementi appena iniziata la carica;

b) densità, temperatura e tensione di cinque elementi per sottobatteria durante la carica;

c) tensione sotto carica di tutti gli elementi alla fine di questa e temperatura e densità appena cessata la carica.

Scarica semestrale di ricognizione e trattamento.

Ogni sei mesi si eseguirà una scarica la quale, oltrechè per trattamento alla batteria, serve per la determinazione della capacità e dello stato di efficienza della batteria stessa, allo scopo di eseguire il suo comportamento, fornire dati di confronto fra gli elementi della batteria ed i due elementi cam-

pione (conservati, per ogni batteria, presso la Direzione delle Costruzioni Navali e Meccaniche della sede di ascrizione del sommergibile), di fornire gli elementi per le previsioni dei ricambi e per tracciare infine la curva di efficienza.

Queste speciali scariche semestrali saranno eseguite con le seguenti modalità:

a) Saranno fatte possibilmente nel dipartimento a cui è ascritto il sommergibile, dandone avviso alla locale Direzione delle Costruzioni Navali e Meccaniche o Ufficio Tecnico della Base Navale, perchè vi assistano, se possono, a mezzo dei loro delegati; in caso contrario, la scarica sarà fatta sotto la guida del Comando di bordo, che comunicherà i dati a dette autorità tecniche.

b) L'intensità della corrente di scarica deve essere quella corrispondente alla scarica di 10 ore. La scarica deve essere condotta fino a raggiungere la tensione minima ammessa. I dati rilevati in questa scarica serviranno per tracciare le curve di efficienza. A scopo di manutenzione degli elementi, dopo la scarica al regime di 10 ore si continua a scaricare la batteria con l'intensità corrispondente al regime di scarica di 20 ore, fino ad ottenere il 90 % circa della capacità relativa a tale regime.

c) Le capacità saranno sempre riferite alla temperatura di 20° centigradi, con la formula già indicata.

d) La determinazione della capacità deve essere fatta per tutte le sottobatterie, onde rendersi conto delle condizioni dei singoli elementi.

e) I dati della scarica e carica saranno rilevati secondo le modalità stabilite per la scarica di revisione e trattamento bimestrale. Si eseguiranno inoltre durante la scarica semestrale le stesse revisioni e gli stessi trattamenti indicati per quella trimestrale e per la carica successiva.

f) Per ogni batteria saranno conservati e mantenuti a cura della competente Direzione delle Costruzioni Navali e Meccaniche due elementi che non dovranno essere mai prelevati dai sommergibili. Tali edementi, sottoposti da parte delle officine che li custodiscono ad un regolare trattamento, serviranno di confronto per il comportamento degli accumulatori di bordo.

g) Saranno rimessi alla Direzione delle Costruzioni Navali e Meccaniche della sede di ascrizione i dati prelevati durante la carica ed un quadro nel quale siano riportati i dati riguardanti le batterie del sommergibile e le previsioni per i ricambi.

Si segneranno a parte le eventuali anormalità riscontrate durante la scarica. E' opportuno che ogni sommergibile tracci per proprio conto le curve di efficienza, e le confronti spesso con quelle ricavate, presso la Direzione delle Costruzioni Navali e Meccaniche, dai due elementi campioni.

CICLI — NUMERO DEI CICLI COMPLETI EQUIVALENTI A QUELLI EFFETTIVAMENTE COMPIUTI.

Il ciclo, per una batteria, è il succedersi di una scarica completa con una carica normale che riporti la batteria nelle condizioni in cui si trovava prima dell'inizio della scarica. Il numero dei cicli completi compiuti da una batteria amperora effettivamente caricati durante il suddetto periodo di tempo per il numero di amperora corrispondenti ad una carica normale.

Per esempio: per una batteria tipo « Medusa migliorato », (dei sommergibili F — N ed X) il numero di amperora, per una carica normale, è di circa:

1°	Periodo	480	Ampères	per	3	ore	circa	1440	amperora
2°	»	240	»	»	1	»	»	240	»
3°	»	120	»	»	2	»	»	240	»
		Totale per la carica normale							»

Si supponga che durante un mese la batteria sia stata caricata come segue:

Giorno	1	Amperora	1000
»	3	»	500
»	5	»	800
»	6	»	200
»	7	»	200
»	10	»	900
»	12	»	600
»	15	»	800
»	17	»	400
»	21	»	1900
»	26	»	400
»	30	»	1900
Totale mese amperora			9600

CICLI DURANTE IL MESE.

$$\frac{\text{Amperora di carica effettuati}}{\text{Amperora di carica normale}} = \frac{9600}{1920} = 5 \text{ cicli}$$

Questo sistema pratico e semplice consente di avere una base di comparazione della durata dei differenti tipi di batterie, e siccome non richiede particolari complicazioni di calcolo, è accessibile a tutto il personale di bordo destinato alla condotta delle batterie.

TABELLA PER L'APPLICAZIONE DEL COMPUTO DI CICLI.

La seguente tabella dà gli amperora di una scarica normale per i diversi tipi di elementi in uso nella R. Marina, desunti dai contratti in vigore con le Ditte « Hensenberger » e « S.I.A.E. » da portare al denominatore della frazione precedentemente indicata, che serve per il calcolo dei cicli per ogni tipo di batteria.

TIPO	DITTA HENSENBERGER		DITTA S.I.A F.	
	Caratteristica	Amperora di carica normale	Caratteristica	Amperora di carica normale
Medusa migliorato - Somm. F, N e X	R.M. 9/13	1920	13 MAS 500/5	1850
Sommergibile H	R.M. 760/13	3600	13 MAS 760/5	3455
Barbarigo	R.M. 890/26	6155	26 MAS 890/5	6090
Pietro Micca	R.M. 8/30	7930	26 MAS 810/5	6795
Mameli - V. Pisani - Bragadino - Corridoni	R.M. 860/28	8200	30 MAS 870/5	8230
Balilla - Fieramosca	R.M. 820/23	5400	24 MAS 820/5	5100
Balilla - Ironcald	R A. 82025/20	4640	3820 L.S.	4350

§ 145 — **Deficienze degli accumulatori**

PARTE DI ACCUMULATORI E DELL'IMPIANTO DIFETTOSO.

Le parti degli accumulatori, come coperchi, caminetti, sfogatoi, tubi, convogliatori, tacchi isolanti, ecc. che nelle regolari ispezioni si riconoscessero difettose o avariate, devono essere cambiate con pezzi di riserva.

Si deve in particolare avere cura che tutte le parti del sistema di estrazione di gas siano in buone condizioni, sia nei riguardi dell'isolamento che della tenuta.

SOLFATAZIONE.

La solfatazione delle piastre, da non confondersi col normale processo di solfatazione che avviene per regolare reazione durante la scarica nelle piastre sia positive che negative, consiste nella anormale formazione di solfato di piombo, finemente cristallino e duro alla superficie e nell'interno della pasta attiva delle piastre.

La solfatazione è uno degli inconvenienti più comuni e frequenti e che bisogna eliminare appena se ne presenta traccia, altrimenti può compromettere definitivamente specialmente le piastre positive.

La pasta attiva solfatata è un cattivo conduttore e fa aumentare la resistenza interna dell'elemento.

La piastra attiva positiva solfatata gonfia in modo anormale e le pasticche si staccano dalla griglia, la quale viene a trasformarsi in ossido di piombo e si rompe.

Le negative induriscono e si contraggono per modo che le pasticche si staccano dalla griglia.

I fenomeni cui dà luogo la solfatazione e che servono ad individuarla sono i seguenti:

a) diminuzione di capacità;

b) durante la carica, e spesso subito all'inizio, la tensione sale in modo anormale, e ridiscende poi gradatamente man mano che la carica procede;

c) eccessivo riscaldamento durante la carica, dipendente come il fenomeno precedente dall'aumentata resistenza interna dell'elemento;

d) presenza di solfato di piombo nell'interno delle piastre, che prendono un colore più chiaro del normale.

La solfatazione si produce nelle piastre per varie circostanze, la maggior parte delle quali corrispondono però al fatto di aver lasciato troppo a lungo l'elemento scarico.

Le principali sono:

1°) la batteria è rimasta scarica per un tempo superiore a quello massimo ammesso e non è stata poi tempestivamente provveduto ad un opportuno trattamento di cariche, sovraccariche e scariche;

2°) la batteria è rimasta a circuito aperto, dopo scaricata, ma per lungo tempo inattiva e senza trattamento;

3°) successive cariche incomplete per un periodo di tempo piuttosto lungo;

4°) scariche parziali ed immediate ricariche, senza mai far lavorare a fondo le piastre;

5°) scariche eccessive, cioè prolungate dopo aver raggiunto la tensione e la densità minima consentite, senza una successiva sovraccarica;

6°) elettrolito di densità troppo elevata per avere eseguiti riboccamenti con acido anzichè con acqua distillata;

7°) acido con impurità contenenti ferro, rame, od altri metalli, i quali producono lente autoscariche;

8°) corti circuiti formatisi nell'interno dell'elemento, i quali danno luogo a scariche spontanee.

Per risolvere la solfatazione, se essa non è molto avanzata e non ha deteriorato irrimediabilmente le piastre, si opera nel modo seguente:

Si scarica la batteria con una intensità uguale a quella del 3° periodo di carica, fino a scendere ad una tensione media di volt 1,8 per elemento, escludendo man mano gli eventuali elementi deficienti.

Indi si lascia la batteria in riposo per dodici ore e poi si carica con l'intensità di corrente prescritta per il terzo periodo della carica, eseguendo in fine delle sovraccariche di un'ora, intervallate da riposi di un'ora circa, alla stessa intensità. La temperatura, durante questa operazione, non deve oltrepassare i 30°-35° C.

Non sempre una sola carica e scarica bastano a risolvere la solfatazione se essa è un po' accentuata; perciò spesso occorre ripetere più volte le operazioni ora dette.

Se la solfatazione risulta molto profonda e non può essere risolta con tale metodo, allora è opportuno ricorrere alla sostituzione dell'elettrolito con acido a bassissima densità o anche con sola acqua distillata, e quindi procedere alle scariche e cariche successive, dopo delle quali, se si è riusciti a risolvere la solfatazione, si riporta l'elettrolito alla densità normale.

Se la solfatazione è stata causata da elettrolito di densità troppo elevata, allora è necessario fin da principio sostituire questo con acqua distillata.

Se infine la solfatazione è avvenuta per impurità dell'elettrolito, è evidentemente necessario, anche in questo caso, come prima operazione cambiare l'elettrolito.

CORTO CIRCUITO.

Un corto circuito nell'interno di un elemento può essere prodotto:

a) da un corpo estraneo caduto nell'elemento stesso, ad esempio una goccia di piombo della saldatura della bandiera della piastra al regolo;

b) da due piastre venute a contatto, ad esempio in seguito a difetto dei separatori interposti, o ad eccessiva dilatazione delle piastre;

c) dalla massa attiva caduta dalle piastre e che, o sui lati o sul fondo della cassetta, formi contatto fra le piastre stesse.

Un corto circuito esistente in un elemento si manifesta con una più rapida diminuzione della tensione durante la scarica, quindi con una diminuzione di capacità; la tensione durante la carica, è più bassa di quella degli altri e la densità ritarda a salire. La temperatura invece è più elevata di quella degli altri elementi.

Se il corto circuito non è subito eliminato, si produce una solfatazione interna e quindi un rapido deterioramento delle piastre.

L'elemento che presenta un simile difetto deve prontamente essere sbarcato per la riparazione.

Per eliminare il corto circuito bisogna estrarre il blocco dalla cassetta, lavarlo accuratamente e abbondantemente con acqua distillata e staccare quindi le parti in contatto con una sottile stecca di legno.

Accumulatore che non vuole caricarsi.

Se un accumulatore non si carica assieme agli altri, cioè se la tensione e la densità non aumentano come negli altri, bisognerà ricercarne le cause ed eliminarle.

L'anomalia può dipendere dalla solfatazione delle piastre, che può essere eliminata col trattamento indicato. Sarà opportuno peraltro, anche dopo la scomparsa della avaria, seguire l'accumulatore con cura speciale.

Può anche accadere, se la carica non è sufficientemente prolungata, che alcuni elementi, i più deboli, si carichino meno degli altri. Allora nella successiva scarica si esauriranno assai prima, trovandosi poi nella carica seguente ancora più indietro degli altri.

Seguitando in tal modo, rimarranno sempre più scarichi fino a giungere ad invertirsi se non si escludono a tempo. Da ciò risulta l'opportunità di sovraccaricare regolarmente una batteria; sovraccariche che saranno tanto più efficienti quanto più prolungate ed a più bassa intensità.

L'accumulatore può anche ritardare per eccesso di materia attiva caduta in fondo e che faccia un ponte fra le piastre. In tal caso una parte sola della corrente serve ad operare la reazione chimica, mentre l'altra passa direttamente attraverso il ponte formatosi.

Occorre allora sbarcare l'accumulatore, sollevare il blocco, lavarlo con acqua distillata e togliere il deposito dal fondo della cassetta e poi rimontarlo.

Linconveniente in tal caso si palesa con una tensione più bassa rispetto alla normale sia in carica che a circuito aperto.

Se non si trova alcun contatto, sarà necessario far analizzare l'elettrolito per riconoscere se la deficenza non dipenda da auto-scarica dovuta ad impurità dell'acido.

Accumulatore invertito.

Un accumulatore inverte la sua polarità quando per qualche deficenza, per esempio per corto circuito, la tensione sia scesa a zero e perciò, quando

la batteria in serie, vien messa sotto scarica, esso riceve dagli altri accumulatori una carica in senso inverso.

L'esame della tensione fa subito scoprire anche a circuito aperto l'accumulatore difettoso.

Se però la batteria è sorvegliata a dovere, il difetto deve essere rilevato dall'esame delle tensioni prima che l'accumulatore giunga ad invertirsi.

L'accumulatore invertito dovrà essere subito escluso dal circuito e poi, dopo le riparazioni necessarie, messo in carica e trattato accuratamente ed a fondo con la polarità giusta, fino a che il suo comportamento non sia ritornato normale.

Deposito sul fondo.

Il fango che si accumula sul fondo della cassetta è generalmente costituito da perossido di piombo caduto dalle piastre positive.

Se l'accumulatore vien trattato convenientemente, tale deposito viene limitato; si avrà invece un deposito troppo forte se gli elementi sono assoggettati ad un trattamento anormale, quale ad esempio cariche troppo intense o sovraccariche pure troppo intense e non sufficientemente intervallate.

Dilatazione e contrazione delle piastre negative.

L'espansione ed il rammollimento della materia attiva delle piastre negative è causato da scariche troppo intense, seguite da cariche anch'esse troppo intense, che producono sopraelevazioni di temperatura. Le contrazioni sono invece causate da cariche insufficienti e dalla conseguente solfatazione.

Depositi sulle piastre.

Si rilevano a volte sulle piastre lievi depositi di polvere grigio-biancastra. In generale sono dovuti a materiale appositamente incorporato nella materia attiva (solfato di bario precipitato), per renderle porose e far sì che la reazione chimico-elettrolitica possa agevolmente raggiungere gli strati interni. Tale deposito non è affatto dannoso.

Questo deposito non deve essere confuso con la ordinaria solfatazione, la quale è caratterizzata dai tre fenomeni caratteristici prodotti da questa e dal fatto che il solfato cristallino, oltre che alla superficie, si trova anche nell'interno della pasta.

Un altro genere di deposito si riscontra, a volte, sulle piastre negative ed è di natura molto differente.

La pasta attiva, durante il normale processo di reazione chimico-elettrolitica si può trasformare in polvere, dando luogo ad un deposito che nelle piastre positive, durante la carica diventa perossido di piombo e cade sul fondo mentre nelle negative si trasforma in piombo puro, che assume col tempo un aspetto spugnoso e può formarsi in grandi quantità, tanto da dar luogo a corti circuiti interni.

CORROSIONE DELLE PIASTRE AL LIVELLO DELL'ELETTROLITO.

Si riscontra assai raramente e deve attribuirsi a qualche azione locale fra il sostegno delle piastre ed il ponte che le riunisce.

ACCUMULATORI CHE GASSIFICANO A CIRCUITO APERTO.

E' una deficienza dovuta ad azioni prodotte da impurità entrate nell'accumulatore. Se queste azioni hanno raggiunto un certo sviluppo, è difficile eliminarle. Sarà opportuno ricambiare l'elettrolito con altro a bassa densità e sottoporre l'accumulatore ad un ciclo di lente cariche, ricambiando eventualmente l'acido ad ogni carica.

AZIONI ELETTROCHIMICHE SECONDARIE.

Esse in generale derivano da impurità del piombo e dell'elettrolito. Il ferro, lo zinco e l'argento sono le principali impurità. Tali corpi agiscono come elettrodi secondari e generano azioni elettrochimiche fra essi e le piastre, dando luogo a scariche interne.

Inoltre esse favoriscono la formazione di solfati e in particolar modo di solfati di piombo. Le azioni secondarie sono più attive negli accumulatori che hanno già prestato un certo servizio.

E' opportuno in queste circostanze di cambiare l'elettrolito.

Azioni secondarie si producono anche se, dopo eseguito un riboccamento, non si provvede, con una razionale sovraccarica, a rimescolare l'elettrolito in modo da uniformare la densità nei vari strati.

La differente diluizione nei vari strati, dall'alto al basso, genera infatti differenze di tensione che tendono ad equilibrarsi con autoscariche.

CAPITOLO XXVII

Costituzione degli impianti elettrici sui vari tipi di navi

§ 146 — Generalità sull' impiego dell'elettricità a bordo delle navi da guerra

Inizialmente l'energia elettrica fu utilizzata sulle navi esclusivamente per *l'illuminazione interna*, riducendo il pericolo d'incendio e contribuendo non poco a migliorare l'abitabilità della nave; per le *segnalazioni notturne*, e per servizio di scoperta.

Venne poi man mano utilizzata per la ventilazione dei locali, per il rifornimento ed i servizi ausiliari in genere delle artiglierie, per la manovra dei verricelli e degli argani a salpare, per le macchine frigorifere, per azionare i timoni, comandi a distanza, ecc. ed in ultimo per le radio comunicazioni e per le segnalazioni subacquee.

Il grande favore incontrato dalle applicazioni elettriche, oltre che alla perfezione sempre maggiore raggiunta dagli apparecchi, è dovuta in gran parte al fatto che l'energia si può trasportare facilmente e dovunque per mezzo dei conduttori flessibili e meno ingombranti delle tubazioni di vapore o di aria compressa; che si possono evitare avarie gravi alle reti di distribuzione ed agli utenti per mezzo di speciali organi di protezione (interruttori automatici, valvole fusibili ecc.); che le macchine adoperate sono di condotta facile ed è agevole effettuarne il comando a distanza.

Sulle navi è stata finora impiegata quasi esclusivamente la corrente continua, in quanto è sembrato più opportuno per varie ragioni adoperare l'energia elettrica sotto questa forma. Oggi si incomincia a prendere in considerazione l'impiego della corrente alternata anche a bordo delle navi.

L'alimentazione delle linee e degli utenti è fatta a *tensione costante*: tutti

gli utenti, cioè, alimentati da una determinata linea sono in parallelo e tutte le varie linee sono a loro volta in parallelo sulla sorgente di energia (fig. 373).

La tensione usata negli impianti di bordo è stata in un primo tempo quella di 65 V; in seguito essa è salita a 110 V e più recentemente è stata portata a 220 V. Attualmente quindi gli impianti delle nostre navi sono per 110 o per 220 Volt.

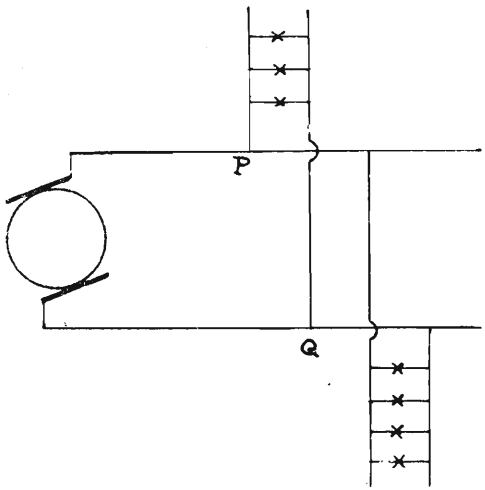


Fig. 373.

Con lo sviluppo sempre maggiore delle applicazioni dell'energia elettrica a bordo, gli impianti hanno assunto proporzioni sempre più vaste, così che il peso, il volume ed il costo del materiale elettrico sono divenute quantità considerevoli. L'aumento della tensione costituisce una notevole economia nel peso e nell'ingombro delle linee di alimentazione, (e forse anche nel costo complessivo dell'impianto), inquantochè, come è noto, a parità di potenza dissipata in calore nei conduttori, la sezione di questi varia in ragione inversa della tensione con cui viene effettuata l'alimentazione dell'impianto.

Non è prevedibile che la tensione ora adottata di 220 V, possa essere ulteriormente aumentata, ciò, sia nei riguardi della sicurezza del personale, sia per le difficoltà cui si andrebbe incontro nei riguardi dell'isolamento.

Negli impianti elettrici di bordo le linee di alimentazione, in numero diverso a seconda del tipo di nave, debbono essere di sezione tale da poter sopportare il carico massimo relativo a ciascuno di esse, senza che si abbiano eccessive sopraelevazioni di temperatura.

Poichè la sezione massima che si ritiene opportuno dovere assegnare ai cavi è di 1200 mm^2. è evidente che per le linee principali è necessario, o sdoppiare i cavi, oppure alimentare alcuni degli utenti principali di maggiore potenza con linee derivate direttamente dai quadri, in modo che il carico sulle linee principali d'alimentazione venga così ridotto.

§ 147 — Generalità sugli impianti elettrici delle navi tipo « Duilio » « Ancona » - « Trento » - « Pancaldo »

Tipo « Duilio ».

La distribuzione della energia elettrica viene effettuata separatamente: per i motori elettrici ed altri utenti di maggiore potenza (circuito forza), per la illuminazione dei locali, (circuito luce), per gli apparecchi di segnalazione luminosa (circuito-segnali), ecc.

Alcuni utenti però, e precisamente quelli più importanti e di maggior potenza, vengono alimentati con linee speciali che partono direttamente dai quadri (circuiti diretti).

I due circuiti principali, cioè quello per la forza, e quello per la luce corrono ad anello, internamente alla parte centrale protetta della nave, e prendono per questo il nome di « anello forza » ed « anello luce ».

L'anello luce principale corre sulle nostre navi, nel ponte di corridoio, cioè immediatamente sopra il ponte di protezione. Dall'anello principale sono derivati, per mezzo di cassette stagne ed interruttori, dei montanti che vanno ad alimentare, in vari punti, un altro circuito ad anello detto « anello luce secondario » che corre nel piano di batteria. Questo secondo anello è di sezione minore. Le varie linee per la illuminazione dei locali, o gruppi di locali, sono derivate dagli anelli anch'esse, per mezzo di cassette stagne.

Per la illuminazione dei locali protetti si hanno linee speciali partenti direttamente dai quadri, e precisamente: una linea « luce protetta prora » che parte dal quadro di prora ed una linea « luce protetta poppa » dal quadro di poppa. Queste due linee corrono al centro della nave, senza salire mai al disopra del ponte protetto, e lasciando derivazioni in vari punti.

Le sezioni vanno man mano assottigliandosi da una cassetta di derivazione all'altra.

La distribuzione dell'energia per l'alimentazione dei motori (circuiti forza) avviene in modo analogo. Si hanno perciò anche due anelli forza, l'uno in corridoio, l'altro in batteria.

Gli anelli luce e quelli forza, sia di corridoio sia di batteria, hanno delle traverse o « barre morte » che collegano fra loro punti di uno stesso anello.

Tali traverse sono in numero variabile, e dovrebbero servire per permettere il funzionamento dell'impianto anche in caso di interruzione (avarie in combattimento) in un punto dell'anello.

I circuiti principali ad anello, sono muniti inoltre di separatori, che permettono la esclusione del tratto di circuito danneggiato.

Gli utenti più importanti sono sistemati al disotto del ponte di protezione; prendono corrente direttamente dai quadri, come si è detto, e quindi la loro alimentazione richiede tante linee di forza protette.

Sulle navi tipo « Duilio » si hanno 6 complessi elettrogeneratori A.E.G. sistemati a coppie in tre stazioni: una in corridoio, l'altra sottostante alla prima sotto il ponte protetto, e la terza sotto il ponte protetto, al centro della nave.

a) *Stazione di corridoio.* — Sul quadro si hanno tre coppie di sbarre: luce, forza, proiettori.

Ogni dinamo può essere collegata al quadro mediante interruttori a massimo, a scatto ritardato. Sul quadro, poi, mediante commutatori a blocco a quattro vie, si può collegare ciascuna dinamo o alle sbarre luce, o alle sbarre forza, o a quelle dei proiettori, oppure ancora, la dinamo di dritta all'argano di D e tonneggio D e quella di sinistra all'argano di S e tonneggio S.

La manovra di alcuni interruttori a massima ritardati, permette sia di collegare fra loro in parallelo le sbarre dei proiettori con le sbarre forza, sia di alimentare un determinato circuito con più dinamo in parallelo.

Dalle sbarre luce, forza, e proiettori partono le alimentazioni dei rispettivi circuiti.

I due circuiti argani e tonneggio D e S partono invece direttamente dai commutatori. Ogni linea che parte dal quadro è provvista di interruttori a massimo, amperometro e voltometro.

b) *Stazione protetta prora.* — Il quadro è analogo a quello della stazione di corridoio; manca però la possibilità di collegare in parallelo le sbarre forza con quelle dei proiettori.

Dalle sbarre luce e forza, oltre le derivazioni per l'anello luce e forza, ed il circuito segnali, partono altri circuiti provvisti di interruttori a massima e strumenti di misura cioè:

a) alimentazione per i trasformatori rotanti degli argani.

b) linea di collegamento fra le sbarre forza della stazione prora protetta e poppa, detta « collegamento quadri ».

c) compressori di poppa.

d) frigoriferi e pompe di grande esaurimento prora.

e) luce protetta prora.

I circuiti luce e forza che partono dal quadro ed alimentano gli anelli sono collegati mediante cassette di derivazione alle linee corrispondenti che partono dal quadro della soprastante stazione di corridoio. Lo stesso avviene per le linee di alimentazione dei motori argani e tonneggio.

c) Stazione protetta centro. — Vale quanto si è detto pel quadro di prora, con la differenza che alle linee di alimentazione degli argani, corrisponde invece la linea di alimentazione del timone, che può essere collegata ad una qualsiasi delle due dinamo mediante i commutatori del quadro.

I circuiti che partono dal quadro sono:

a) compressori di centro.
b) trasformatori rotanti di centro e poppa.
c) torri di centro e torri di poppa (3, 4, 5).
d) trasformatore rotante per il timone.
e) trasformatori rotanti per alberi di carico e tonneggio poppa.
f) pompa di grande esaurimento di poppa.
g) collegamento quadri.
h) luce protetta centro e poppa.

Un commutatore situato sul quadro permette di alimentare il timone o dalle sbarre timone (quindi da una qualunque delle due dinamo per mezzo dei commutatori a più vie del quadro), o dalle sbarre forza.

Le due stazioni di prora si collegano (parallelo) attraverso i cavi che portano corrente agli anelli luce e forza; quelle di prora con quella di centro sia attraverso gli anelli stessi, sia a mezzo dei collegamenti quadri.

Ai quadri di ciascuna stazione esiste ancora un commutatore che permette di attaccare la eccitazione della dinamo:

a) Alle spazzole dell'eccitatrice (funzionamento ordinario).

b) Al circuito argano o a quello del timone (a seconda si tratta di prora o di poppa) per il funzionamento della dinamo direttamente sui motori da lavoro di tali utenti (funzionamento a tensione variabile).

c) Alle sbarre luce (per eccitazione dalle sbarre).

d) Alle spazzole della dinamo stessa (dinamo in derivazione).

In tal caso, si può portare la tensione fino a 220 V e ciò serve per la carica delle batterie dei sommergibili. I reostati di eccitazione sono naturalmente diversi nei due funzionamenti, inquantochè nel funzionamento a 220 Volt l'eccitazione dei complessi non è più fatta a 50 Volt ma a 110 Volt, e la corrente di eccitazione è maggiore.

Le linee di alimentazione delle torri e quelle dei proiettori sono doppie per poter alimentare questi utenti o direttamente o dalle sbarre forza.

NAVI TIPO « ANCONA ».

La distribuzione della energia elettrica è effettuata, in modo da garantire durante il combattimento, sia la illuminazione dei locali, sia il funzionamento dei motori più importanti, anche in caso di avaria ad una delle linee di alimentazione di tali utenti.

Le centrali elettriche sono due, situate sotto il ponte protetto a poppavia delle turbo motrici, una sul lato dritto della nave e l'altra sul lato sinistro. Ogni centrale ha una sola dinamo, di potenza però sufficiente a fornire tutta l'energia elettrica necessaria al funzionamento a pieno carico di tutto l'impianto, (150 Kw). Le due dinamo non devono mai lavorare in parallelo su uno stesso circuito, e quindi non solo non esistono i collegamenti quadri, ma gli interruttori di manovra sui quadri stessi sono muniti di congegni di blocco che rende impossibile fare anche involontariamente il parallelo.

La alimentazione per la luce e per la forza è fatta in comune. Dai due quadri partono due circuiti, di cui quello che è preso dal quadro della stazione di dritta è detto « circuito di dritta » e l'altro « circuito di sinistra »; entrambi corrono sotto il ponte protetto e da essi sono derivate le linee sia per la luce sia per la forza.

Le lampade installate per la illuminazione di ciascun locale sono alimentate per metà dal circuito di dritta e per l'altra metà da quello di sinistra. Esse sono inoltre disposte in modo che se per un'avaria a uno dei due circuiti se ne spegne una metà, le altre possono ancora illuminare sufficientemente ogni parte del locale.

Gli utenti più importanti sono provvisti di commutatore, mediante il quale, ciascuno di essi può essere derivato o sul circuito di dritta o su quello di sinistra.

Ogni commutatore è sistemato nella immediata vicinanza dell'utente a cui appartiene.

Di simili commutatori sono muniti tutti gli utenti ed i circuiti particolarmente importanti (verricelli alza munizioni, estrattori ed in genere quasi tutti i motori, circuiti di sparo, fanali indicatori di livello d'acqua delle caldaie, ecc.).

NAVI TIPO « TRENTO ». (Vedi *Manuale dell'Elettricista*).

Vi sono due stazioni generatrici, situate l'una a poppa e l'altra a prora, sotto il ponte protetto. Nella stazione di poppa o « stazione generatrice principale » vi sono tre turbodinamo, da 150-160 Kw.

Nella stazione di prora o « secondaria » vi sono due complessi Diesel-Dinamo da 150 Kw.

Ciascun quadro di ogni stazione porta due coppie di sbarre; una per la luce e l'altra per la forza.

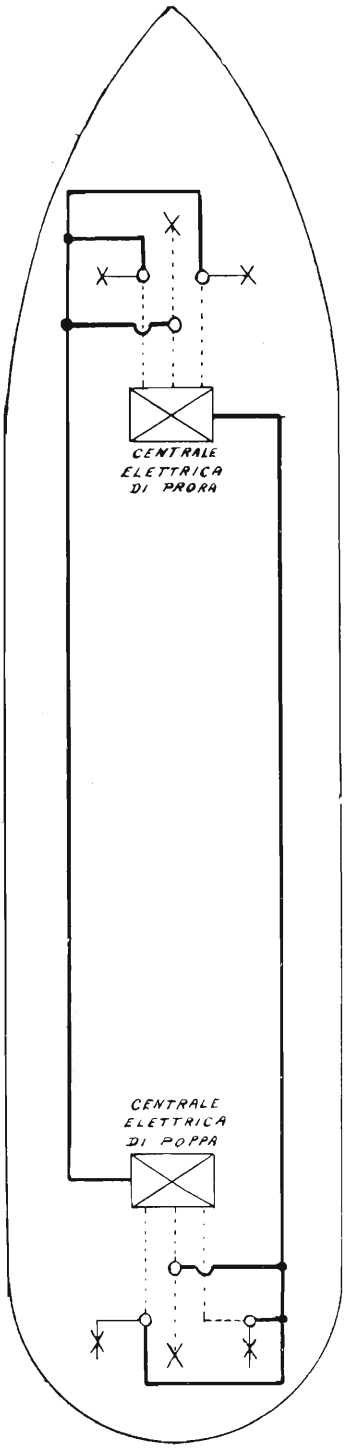


Fig. 374.
R.R.N.N. Tipo Trento
doppia alimentazione degli utenti

Dalle sbarre luce e dalle sbarre forza del quadro di poppa partono due linee, una a destra una a sinistra, che, correndo verso prora, attraverso i cofferdam, vanno a congiungersi rispettivamente con le sbarre luce e forza del quadro di prora, venendo così a formare come un anello che si chiude attraverso le sbarre dei due quadri.

Le linee che collegano le sbarre-forza dei due quadri, sono doppie e quindi complessivamente a ciascun cofferdam si ha una linea per il collegamento sbarre luce, due linee per il collegamento sbarre forza.

I collegamenti fra le sbarre vengono effettuati per ogni quadro mediante interruttori unipolari automatici a massima.

Dalle sbarre forza del quadro di prora partono varie linee destinate ad alimentare tutti i circuiti secondari forza che sono dal centro della nave a prora (V. Fig. 374).

Dalle sbarre forza del quadro di poppa, partono similmente linee che alimentano tutti i circuiti secondari forza che trovansi al centro della Nave e a poppa.

L'alimentazione dei circuiti più importanti viene effettuata mediante circuiti « diretti » che partono dalla centrale di poppa o prora, a seconda che ciascun utente è più vicino all'una o all'altra centrale. Esistono però due linee chiamate « riserva forza poppa » e « riserva forza prora » di cui la prima parte delle sbarre forza del quadro di prora, passa per il cofferdam di dritta, (assieme ai cavi: collegamento quadri) e va verso poppa; la seconda invece

parte dalle sbarre forza del quadro di poppa, passa per il cofferdam di sinistra e va verso prora. Gli utenti più importanti, che come si è detto, sono alimentati da circuiti diretti, sono provvisti di commutatori che ne permettono l'alimentazione anche dalle linee « riserva forza ». E precisamente gli utenti alimentati da circuiti diretti dal quadro di prora possono essere commutati sulla « riserva forza prora » che parte da poppa e viceversa gli utenti di poppa possono essere alimentati anche dalla riserva forza poppa che parte da prora (V. Fig. 374).

Per i circuiti luce l'energia è distribuita con sistema analogo.

Dal quadro di prora vengono alimentati i vari circuiti di illuminazione della Nave dal centro a prora.

Dal quadro di poppa viene fatto lo stesso per i circuiti luce al centro ed a poppa.

Per alimentazione del circuito luce macchine e caldaie, è usato il sistema del doppio circuito con doppia alimentazione,e cioè le lampade di ciascun locale sono alimentate metà dal circuito prora, metà dal circuito poppa, per modo che vi sia sempre sufficiente illuminazione, anche se uno dei due circuiti subisce un'avaria.

NAVI TIPO « NAVIGATORI ».

L'impianto comprende due stazioni generatrici. In una sono sistemati due complessi elettrogeni S. Giorgio da 18 Kw, azionati da motori a testa calda. Le dinamo del complesso possono funzionare o con eccitazione in derivazione, o con eccitazione compound e ciò mediante l'opportuna manovra di un commutatore a due vie. Per rendere stabile l'accoppiamento in parallelo delle dinamo anche con eccitazione compound, il quadro è provvisto di sbarra di equilibrio.

Questa centrale è situata sul ponte superiore. Ha un quadro detto secondario, dal quale parte solo una linea che serve a collegare le sbarre del quadro stesso con le sbarre luce del quadro di distribuzione (quadro principale) dell'altra centrale.

Questa trovasi in un più ampio locale sottostante alla prima ed è fornita di tre complessi elettrogeneratori a turbina della Ditta Tosi da 30 Kw, con dinamo ad eccitazione in derivazione.

Ciascuna dinamo, a mezzo di un proprio commutatore a quattro vie sistemato sul quadro, può essere collegata o alle sbarre luce, o alle sbarre forza, o all'argano di dritta, o a quello di sinistra.

Dal quadro partono linee dirette per la alimentazione dei circuiti luce; esiste inoltre, sul quadro stesso, un commutatore che permette di alimentare o il circuito luce normale o quello di combattimento.

Nei locali macchina, dinamo, caldaie, esiste oltre il circuito di illuminazione normale, anche un circuito di illuminazione di sicurezza, alimentato da batterie di accumulatori al ferro-nichel di 10 elementi, situate nei locali medesimi. Tale circuito è messo in funzione automaticamente da apposito relais quando viene a mancare corrente al circuito ordinario. Le batterie vengono caricate sul posto per mezzo di apposite linee che, partendo da un unico quadro di carica, vanno ad alimentare le varie batterie.

Per la alimentazione del circuito forza, partono dal quadro principale due linee che corrono nel ponte inferiore: una sul lato destro e l'altra sul lato sinistro della nave, e che costituiscono: una il circuito forza normale, l'altra il circuito forza di combattimento.

Ciò permette di ottenere due alimentazioni per i motori, ciascuno dei quali, mediante apposito commutatore, può essere derivato sull'uno o sull'altro circuito.

Le sbarre luce e le sbarre forza del quadro principale possono essere messe in parallelo fra loro; in tal modo, per mezzo del collegamento già citato esistente fra le sbarre del quadro secondario e le sbarre luce del quadro principale, si può alimentare tutto l'impianto con la dinamo della centrale secondaria.

I due argani a salpare sono azionati ciascuno da un proprio motore elettrico. Come si è visto, ciascuna dinamo, mediante il proprio commutatore può alimentare separatamente o l'uno o l'altro di tali motori. Questi sono ad eccitazione separata; l'inversione di marcia è realizzata invertendo per mezzo del controller il senso dell'eccitazione della dinamo e quindi della corrente che alimenta il motore. Dovendo allora restare inalterato il senso dell'eccitazione del motore, è necessario che la corrente di eccitazione sia presa da un circuito alimentato da un'altra dinamo.

Il controller dell'argano è corredato di un dispositivo che interrompe la corrente qualora l'argano debba esercitare uno sforzo per cui si richieda una potenza superiore a quella massima che può erogare la dinamo.

Un altro dispositivo non permette di avviare il motore se il controller non è stato riportato a zero. E' anche possibile alimentare uno degli argani con due dinamo.

§ 148 — **Accessori degli impianti**

INTERRUTTORI (Fig. 375).

Consistono sostanzialmente di due parti che si uniscono o si allontanano per chiudere o per aprire un circuito. Generalmente una sola di tali parti è mobile. Il contatto ed il distacco, ma specialmente quest'ultimo, devono avvenire rapidamente; infatti durante l'apertura si ha la formazione di un arco fra la parte fissa e la mobile, il quale dura più o meno a lungo a seconda della maggior o minor intensità della corrente nel circuito che si interrompe, e della minore o maggiore velocità con cui avviene l'apertura. Poichè l'arco deteriora le superfici di contatto dell'interruttore, è necessario che la durata di esso sia molto breve. Bisogna perciò che gli interruttori siano provvisti di mezzi adatti a provocare un rapido strappamento dell'arco e che questi siano

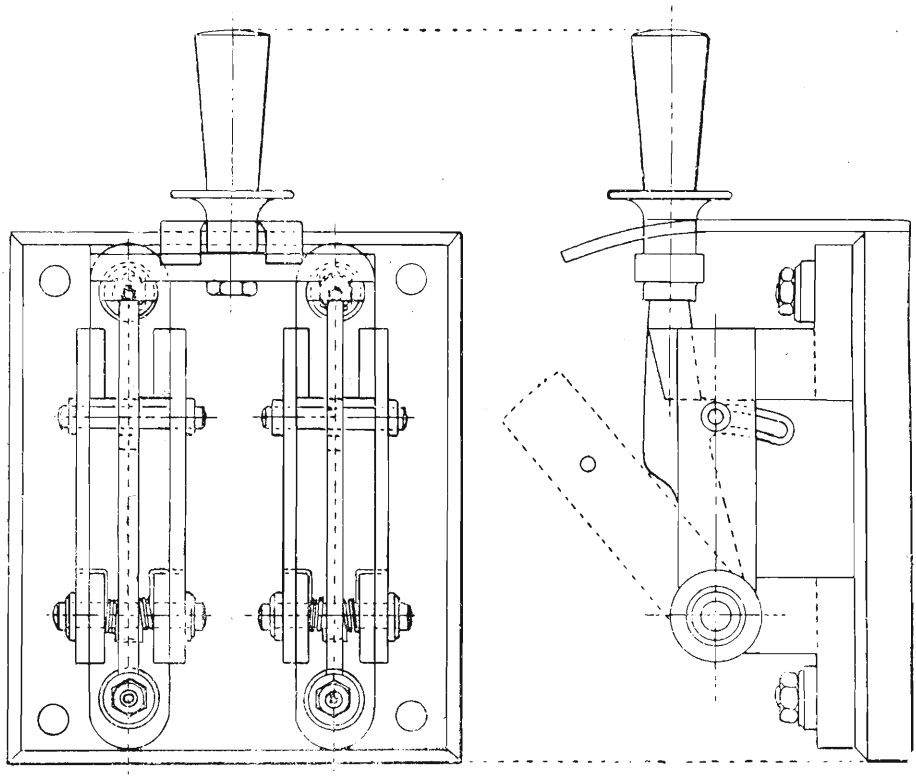


Fig. 375.

Interruttore bipolare a scatto da 400 Ampère

tanto più energici quanto maggiore è la corrente nel circuito sul quale è inserito l'interruttore. Tali mezzi possono essere svariatissimi; uno dei più semplici è quello usato nei comuni interruttori a scatto, adoperati per medie correnti, nei quali l'apertura dei coltelli avviene per mezzo di una molla preventivamente messa in tensione (V. fig. 375).

SEPARATORI.

Vengono così chiamati gli interruttori situati lungo le linee principali di alimentazione, e che servono a suddividerle in vari tronchi. Sono interruttori bipolari adatti per forte intensità di corrente, chiusi in cassette stagne e spesso muniti di comando a distanza.

COMMUTATORI.

Servono per eseguire due o più collegamenti diversi di diversi circuiti. Uno dei casi più semplici è quello indicato dallo schema della fig. 376 che

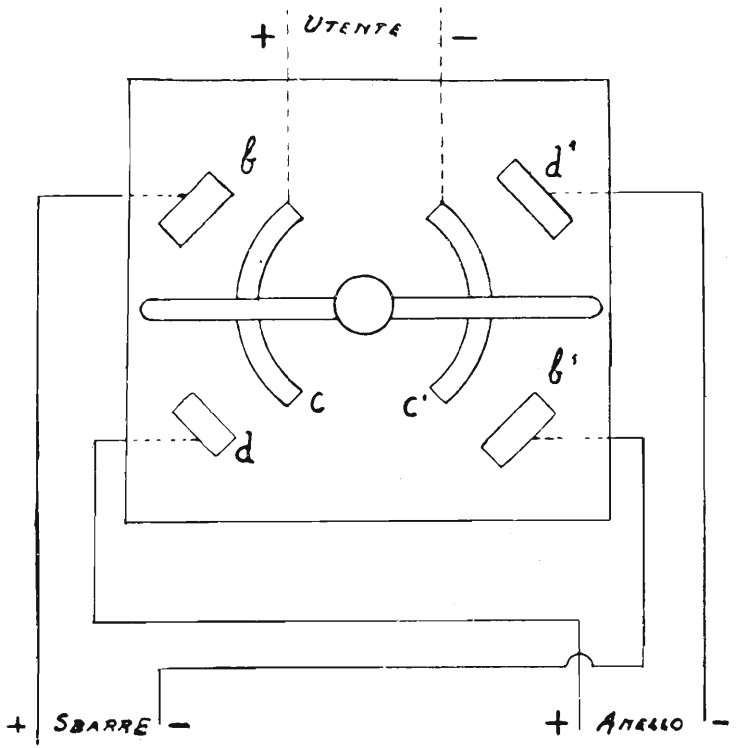


Fig. 376.

rappresenta un commutatore mediante il quale si può collegare la linea di alimentazione di un utente o al circuito di uno degli anelli o ad una linea derivata direttamente dalle sbarre. In questo caso il commutatore si dice a due « vie » o a due posizioni, e cioè:

1° — posizione: si chiude d - c ed d' - c' — utente sull'anello
2° — » : » » b - c e b' - c' — » sulle sbarre

Vista di fianco - Sez. a - b

Variante per l'applicazione dei cavi armati

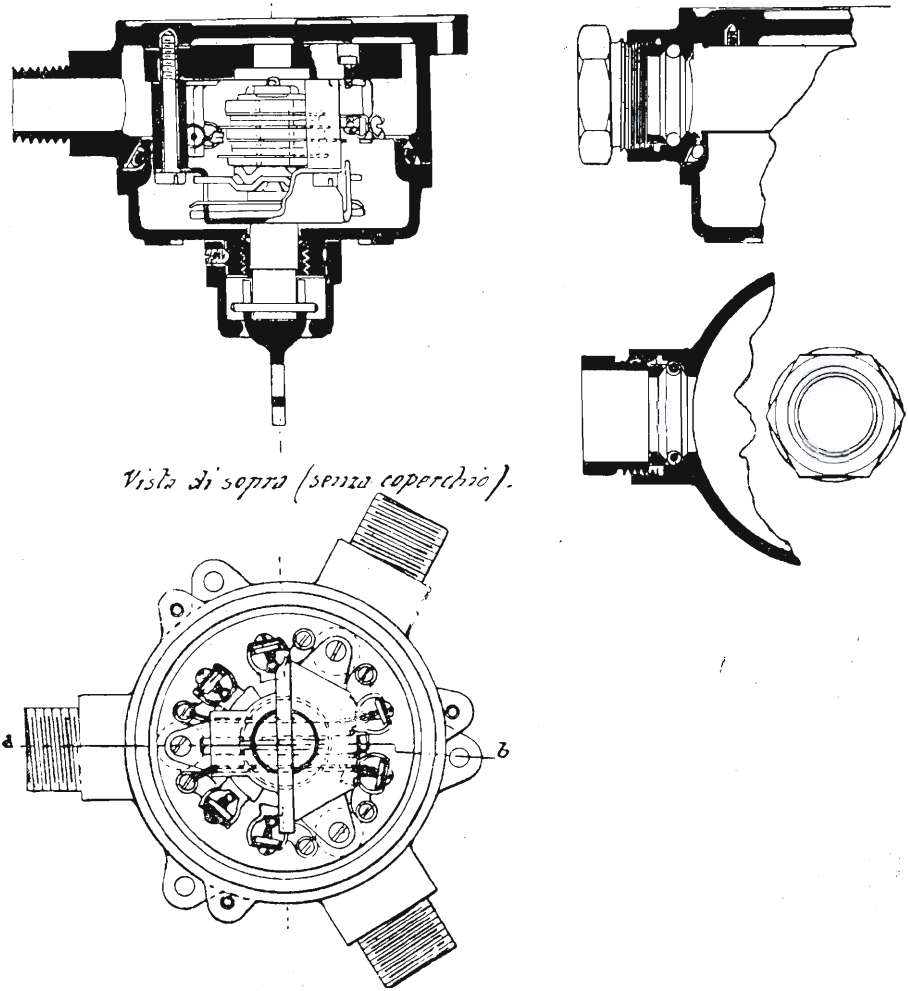


Fig. 377.

Commutatore bipolare stagno per 6 Amp. per illuminazione di combattimento

I commutatori oltre che a più vie (il numero delle vie o delle posizioni è determinato dal numero di collegamenti diversi che si possono effettuare) possono essere a scatto o a mano.

Nel primo caso il passaggio da una via all'altra avviene automaticamente e rapidamente mediante la manovra di una leva o di un bottone: la manovra del commutatore può perciò essere eseguita sotto corrente. Nel secondo caso invece occorre prima portare a mano il commutatore sulla posizione voluta e poi lanciare corrente nel circuito. Appartengono in genere al primo tipo i commutatori di cui sono muniti gli utenti provvisti di doppia alimentazione (fig. 377); al secondo tipo appartengono invece i commutatori situati sui quadri delle dinamo.

PROTEZIONE DELLE LINEE E DELLE MACCHINE.

Scopo di questi apparecchi è quello di interrompere un determinato circuito quando in esso circola una corrente di intensità superiore a quella massima ammessa. Uno dei sistemi più semplici e del quale si fa largo uso in tutti gli impianti per la protezione dei circuiti secondari, consiste di munire i circuiti di *valvole fusibili*. Queste sono costtuite da brevi tratti di conduttore messi in serie col circuito e di sezione tale che raggiungono la temperatura di fusione corrispondentemente al valore di corrente che non si vuole oltrepassare. I fili fusibili sono costituiti di metallo che fonda prontamente, senza scoppi e senza proiezioni di particelle incandescenti.

Per le piccole intensità di corrente si adoperano normalmente fili di piombo o di leghe di piombo e stagno: la bassa temperatura di fusione del primo è adatta per non dover ricorrere in questi casi a fili eccessivamente sottili. Per le correnti maggiori si adoperano invece leghe di argento le quali non si ossidano e non dànno, quando si fondono, proiezioni di particelle incandescenti; la temperatura di fusione è più alta, ma trattandosi di correnti rilevanti non è necessario ricorrere a sezioni piccolissime.

Le valvole possono essere di svariati tipi; da quelle in cui il filo fusibile vien semplicemente guarnito su due serrafili, a quelle in cui il filo è racchiuso entro blocchetti di forma e di materiali diversi, etc. Nei circuiti di bordo le valvole fusibili sono sempre bipolari e sistemate dentro apposite cassette stagne oppure nelle stesse cassette stagne degli interruttori. In ogni caso esse sono sempre sistemate a « valle » dell'interruttore che comanda il circuito che ciascuna di essa protegge, per modo che vi si possa accedere dopo aver tolto tensione alla linea.

Per la protezione del grosso macchinario e delle linee principali quando

cioè si tratta di circuiti normalmente attraversati da correnti di intensità superiori a 20 A, è da preferirsi l'uso degli interruttori *automatici a massimo*.

Questi vengono regolati in modo che lo scatto avvenga appena la corrente raggiunge un determinato valore; il loro funzionamento è perciò più pronto di quello delle valvole fusibili, e permettono inoltre di riattivare rapidamente il circuito appena cessata la causa che ha determinato lo scatto dell'interruttore. Il funzionamento di questi apparecchi è basato sull'effetto magnetico della corrente.

Un tipo di interruttore automatico a massimo unipolare, usato negli impianti di bordo è quello rappresentato in fig. 378. La corrente giunge al blocco lamellare (a) dell'interruttore e per proseguire per il blocco (a'), e quindi per le linee, occorre stabilire la unione elettrica fra (a) e (a') mediante la sbarra

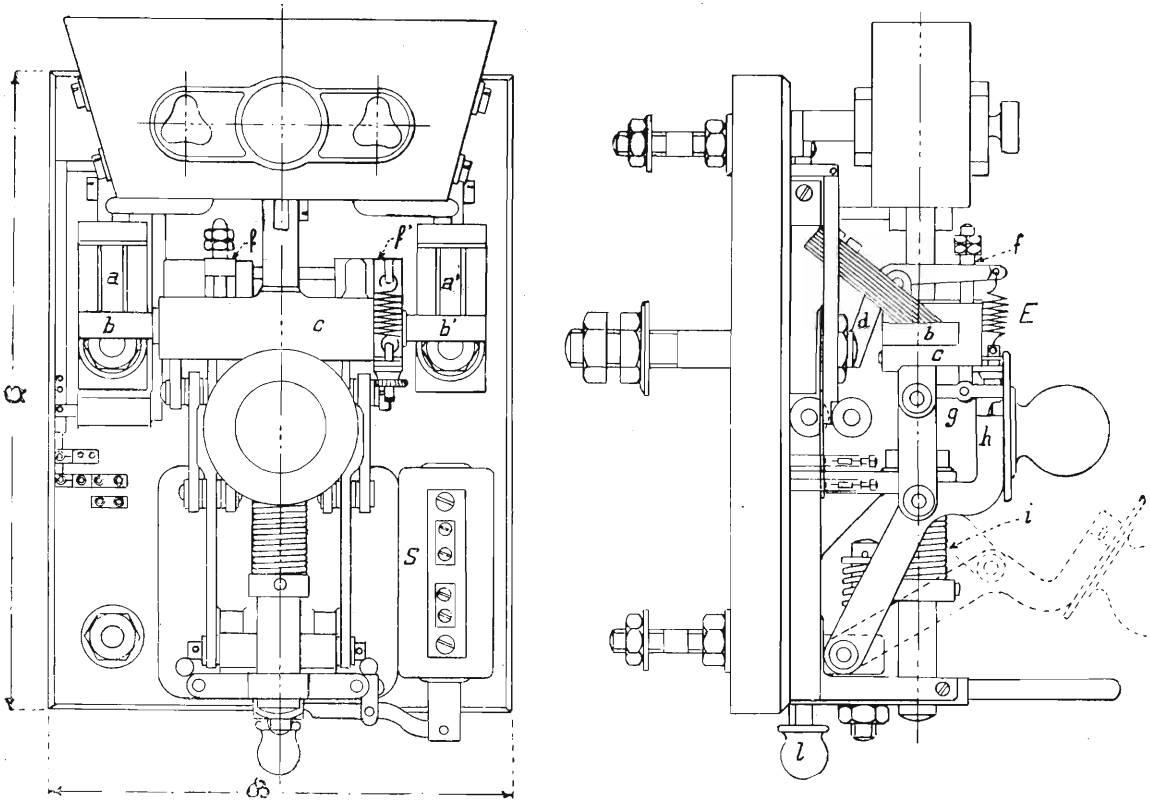


Fig. 378.

Interruttori unipolari AEG a massimo

di rame *b*. Questa attraversata dalla corrente, crea attorno a sè un campo magnetico che è reso più intenso ed uniforme dal blocco di ferro *c*, attraversato dalla sbarra *b*, ma isolato elettricamente da essa. Per effetto di tale campo il blocco (c) si magnetizza ed attira l'ancoretta di ferro (d) che trovasi nella parte retrostante. L'ancoretta porta di pezzo, ad angolo retto, due appendici che si prolungano sul davanti dell'interruttore; sull'appendice di destra è applicata la molla E di regolazione che, messa in tensione più o meno, mediante vite e dado di regolazione, crea sull'ancoretta un'azione antagonista a quella determinata dal blocco magnetico *c*.

Un indice ed una piastrina graduata indicano le varie intensità di scatto corrispondenti alle varie tensioni della molla.

L'appendice di sinistra è attraversata da una asticciola *f* che è collegata in basso con la leva *g* a castagna, munita di un dente, il quale, allorchè si chiude l'interruttore, va ad impigliarsi in un mancante del castello *h*, e tiene l'interruttore chiuso. Quando la corrente raggiunge un valore tale per cui l'azione del blocco magnetico prevale su quella della molla E, l'ancoretta *d* viene attratta e quindi, per mezzo dell'appendice di sinistra si solleva l'asticciuola *f* che fa ruotare la leva *g* a castagna, per modo che tutto il castello, per effetto

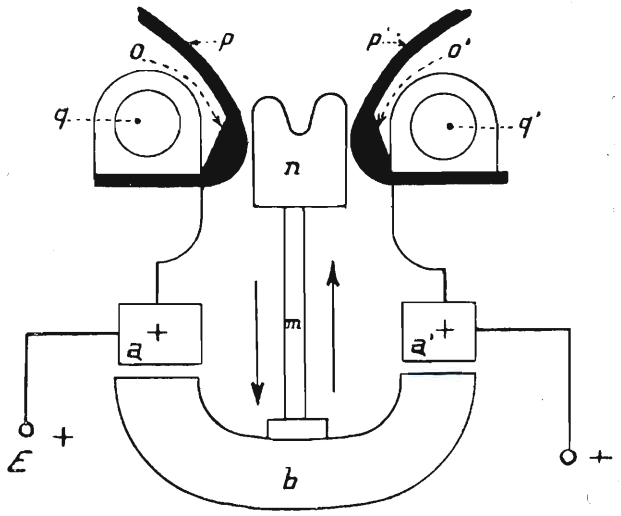


Fig. 379.

del proprio peso e con l'ausilio del mollone, si abbassa rapidamente, interrompendo il circuito. Lo scatto del massimo si può anche determinare a mano, tirando mediante il bottone *l* una leva che fa abbassare l'ancoretta *d*. Per la buona conservazione dei contatti *a* e *d*, l'arco dovuto alle extra corrente non

avviene fra essi, ma è portato ad aver luogo fra altri contatti speciali. Per tale scopo dai tacchetti a ed a' partono due conduttori che formano ciascuno entro l'incastellatura superiore del massimo, un solenoide a nucleo di ferro (fig. 379). Unita dalla sbarra di rame *d* ma isolata elettricamente, vi è l'asta *m* che porta alla sua estremità superiore il contatto ricambiabile di rame *n*. Quando si arma l'interruttore, il circuito viene a chiudersi prima fra i contatti pp' attraverso *n* che fra aa' con *b*. Quando invece si apre il circuito, la sbarra *b* avrà già lasciato i contatti a e a', mentre il circuito è ancora chiuso fra pp'. La rottura dell'arco che avviene fra *n* e pp', nell'istante in cui il circuito si apre, viene agevolata sia dalla corrente d'aria calda che si forma attraverso l'incastellatura, e che tende a spingere in alto l'arco, sia dal soffio magnetico, dovuta ai due solenoidi qq' percorsi ancora dalla extra corrente di apertura, il quale tende a spostare l'arco verso l'alto in modo che questo allungandosi si spezzi. Si noti che il contatto *n* è ricambiabile, e ricambiabili sono pure i contatti di carbone *oo'* incastrati a coda di rondine sui bracci *pp'* nel punto in cui avviene la scintilla; ciò permette di mantenere in buona efficienza il massimo stesso.

INTERRUTTORI A MASSIMO CON SCATTO RITARDATO (Fig. 380).

Interruttori di tale tipo sono di solito quelli che servono a collegare le generatrici ai quadri. Lo scatto di essi avviene con un leggero ritardo rispetto al momento in cui la corrente ha raggiunto il valore massimo che non si vuole oltrepassare. In tal modo, se l'aumento è di breve durata, l'interruttore non si apre ed in ogni caso si dà tempo acciocchè prima dell'interruttore principale, si apra quello a massima del circuito in cui ha avuto luogo l'aumento o fondano le valvole di questo. Questo tipo di interruttore è simile a quello descritto. Il ritardo si ottiene aggiungendovi un ritardatore, il quale consiste in un solenoide formato da 4 grosse spirali di nastro di rame guarnito in serie coll'interruttore e quindi percorso da tutta la corrente della linea. Nell'interno del solenoide può scorrere, isolato, un nucleo di ferro dolce, sollecitato in basso dalla tensione di una molla a spirale regolabile a mezzo del bottone *B*. Il nucleo di ferro dolce porta in alto, isolato, uno scodellino metallico rovesciato *c* ed un soffietto a mantice *d*. L'interno del mantice comunica con l'esterno a mezzo di un forellino la cui apertura viene regolata da una vite a valvola. Quando nella spirale del ritardatore passa una corrente di intensità tale che riesce a vincere l'azione della molla antagonista *b*, il nucleo di ferro dolce tende a salire perchè succhiato dal solenoide, ma la corsa avviene lentamente perchè l'aria contenuta nel soffietto « d » non può sfuggire immediatamente attraverso l'apertura della valvola. A seconda che questa è più o meno aperta, la corsa è più o meno rapida perchè minore o maggiore risulterà la compressione dell'aria

che ostacola il movimento del nucleo. Lo scatto dell'interruttore avviene quando il nucleo è giunto in fine corsa; perciò, regolando l'apertura della valvoletta d'aria, si viene in conclusione a regolare il « ritardo » dell'interruttore.

Allorchè il nucleo è giunto in fine corsa, lo scodellino rovesciato c stabi-

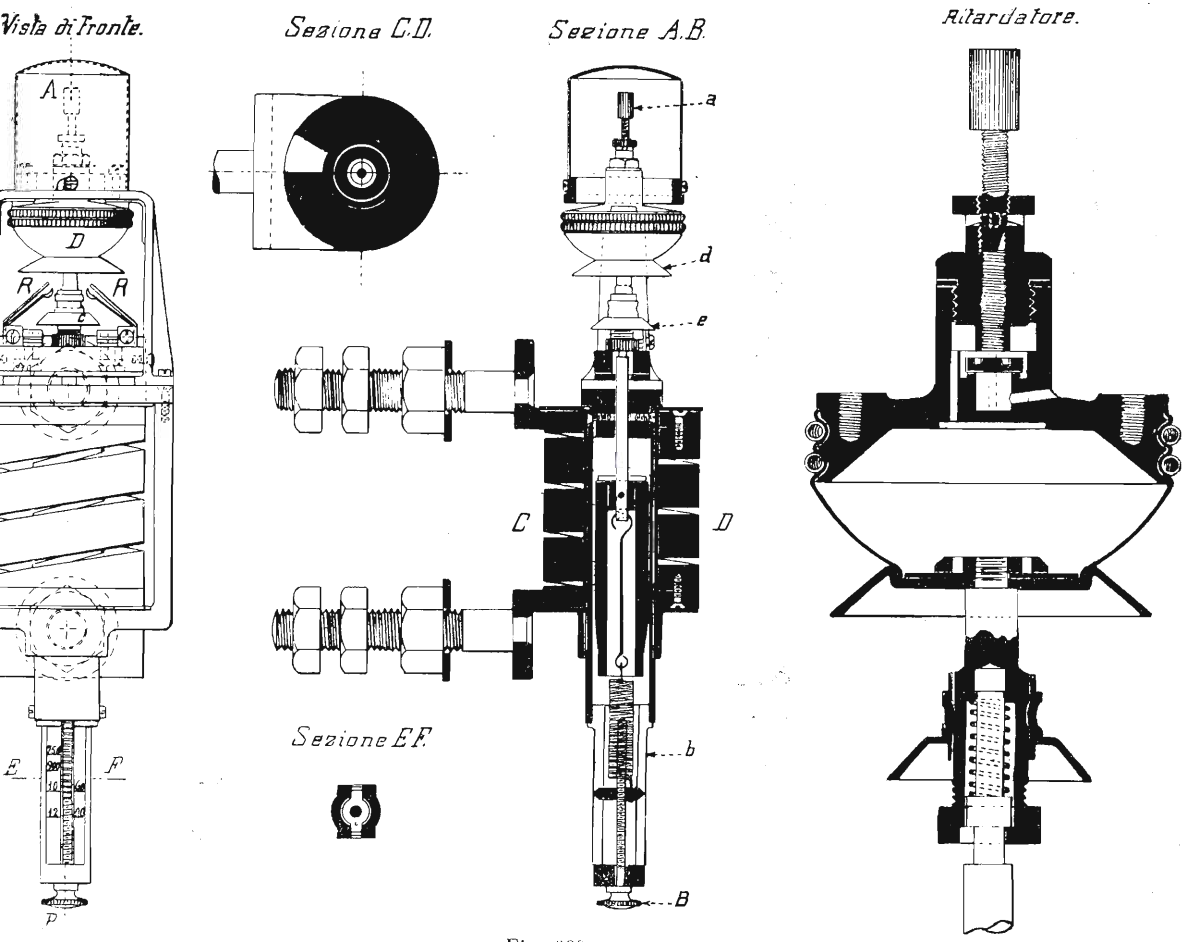


Fig. 330.

lisce il contatto elettrico fra le due linguette RR, chiudendo così il circuito di un secondo solenoide derivato sulla linea. Questo si eccita, succhia il proprio nucleo e con un gioco di leve determina lo scatto del massimo.

Si capisce che se l'aumento di corrente cessa prima che il nucleo sia riuscito a chiudere il contatto RR, l'azione della molla « b » prevarrà nuovamente su quella del solenoide, quindi il nucleo viene nuovamente attratto in basso e lo scatto non avviene.

CALCOLO DELLE VALVOLE.

La relazione:

$$i = a\ d^3$$

permette di determinare il valore della corrente che fa fondere un filo del diametro *d*. Per fili cilindrici di Pb puro, la costante *a* è di circa 8,5. Si può ritenere come regola approssimata che la intensità di corrente che determina la fusione di fili e lastrine di piombo di spessore non superiore a 2 mm., è compresa tra 6 e 7 amper per mm^2 di sezione.

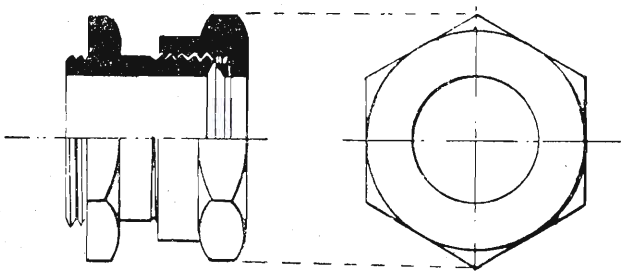


Fig. 381.

Boccole stagne per valvole e cassette di derivazione

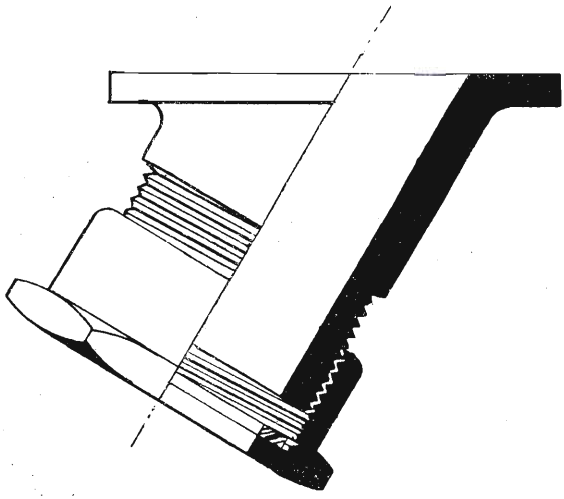


Fig. 382.

Boccole stagne per valvole e cassette di derivazione
(Tipo inclinato)

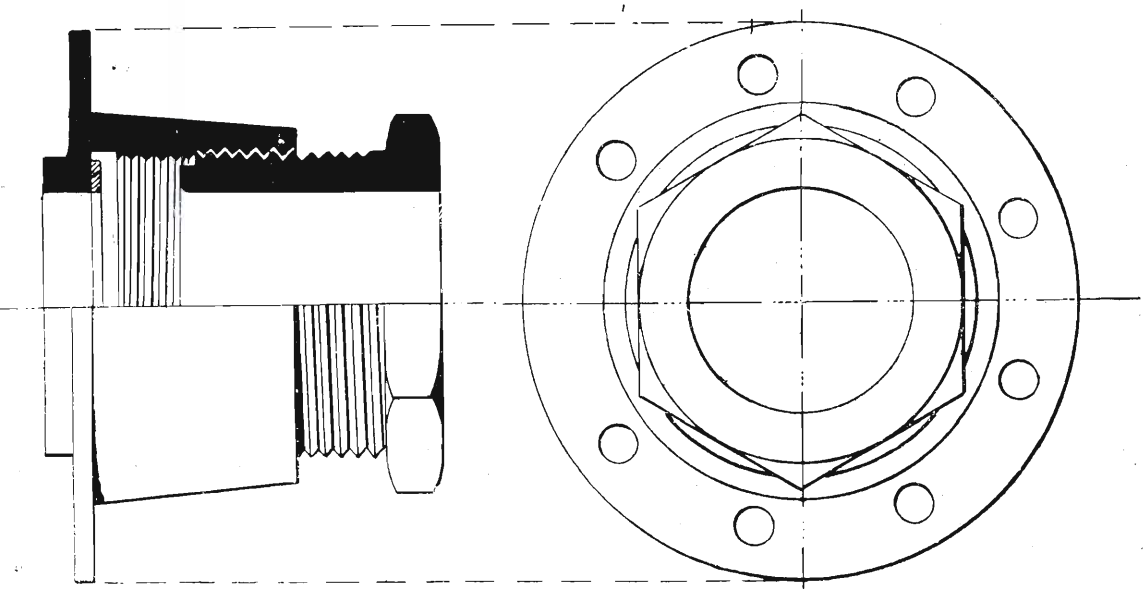


Fig. 383.

Manicotti con boccole per cassettoni

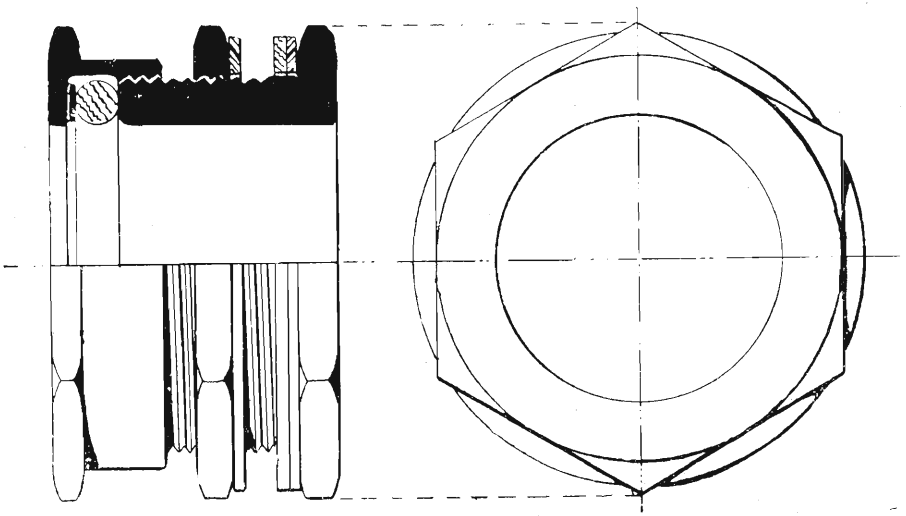


Fig. 384.

Manicotti per passaggi stagni dei cavi principali

CASSETTE DI DERIVAZIONE E DI GIUNZIONE.

Gli attacchi e le derivazioni sia per i cavi armati sia per i cavi sotto piombo armati, sono fatti in cassette di bronzo o di lamierino di ferro a chiusura stagna.

I cavi vengono introdotti nelle cassette di derivazione con il loro rivestimento completo attraverso speciali manicotti stagni a pressatrecce (Vedi figure 381, 382, 383). Nell'interno delle cassette i cavi sono denudati per un certo tratto per potere eseguire gli attacchi. Questi vengono effettuati mediante morsetterie montate su base isolante. In modo analogo vengono inserite sulle linee le cassette delle valvole degli interruttori e dei commutatori.

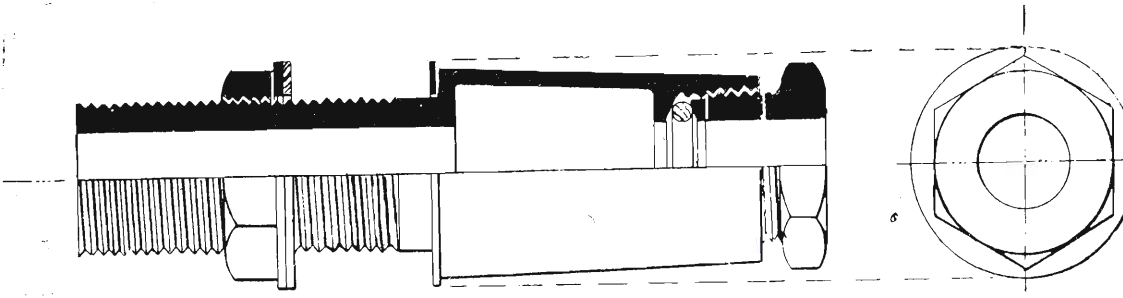


Fig. 385.

Manicotti stagni per il passaggio dei ponti

Sia l'entrata dei cavi nelle cassette, sia il passaggio dei cavi attraverso ponti e paratie stagne deve essere fatto mediante manicotti stagni muniti di pressatrecce. Per il passaggio delle paratie stagne si adoperano boccole fissate con dadi alla paratia o al ponte (V. figg. 384 e 385); il passaggio della boccola è reso stagno mediante rondelle di piombo che vengono strette fra i dadi e la paratia, sia da una parte che dall'altra. Il passaggio del cavo nella boccola è invece reso stagno da un pressatrecce.

§ 149 — **Condotta pratica delle canalizzazioni elettriche**

CENNI SUL CALCOLO E SULLE SISTEMAZIONI DELLE LINEE DI BORDO.

La distribuzione della energia elettrica a bordo delle RR. Navi come è stato detto, viene effettuata in parallelo, (V. Cap. XXVII § 145), pertanto l'intensità di corrente è diversa per ciascuna linea a seconda del numero di utenti o di altre linee che su di essa sono derivati. Il calcolo di una rete consiste quindi principalmente nel determinare la sezione da assegnare a ciascun

conduttore affinchè la sopraelevazione di temperatura, dovuta alla massima corrente che può attraversarlo, sia tale che la temperatura finale non oltrepassi i 60°. Le norme dell'A.E.I. per gli impianti elettrici di bordo stabiliscono i vari tipi di cavi da impiegare a bordo ed indicano per ciascun cavo, in base alla sezione, la corrente massima che possono portare in relazione ad una temperatura ambiente di 45°. A queste norme si uniformano in genere anche gli impianti elettrici a bordo delle navi da guerra.

Un conduttore percorso da corrente si riscalda e raggiunge una sopraelevazione di temperatura, rispetto all'ambiente, tale che la quantità di calore ceduta all'esterno sia eguale a quella che in esso si sviluppa per effetto Joule. Se r è la resistenza del conduttore ed i la corrente che lo percorre, la quantità di calore corrispondente alla potenza in esso perduta, è data, in piccole calorie, dalla espressione:

$$Q_s = 0{,}24\ i^2\ r \tag{1}$$

La quantità di calore irradiata nell'unità di tempo da una superficie S_l, la cui temperatura sia sopraelevata sulla temperatura ambiente, di Δ t°, è data invece dalla formula:

$$Q_c = K\ S_l\ \Delta\ t^\circ \tag{2}$$

dove K è il coefficiente di trasmissione del conduttore considerato, cioè il numero di piccole calorie che esso cede all'ambiente nell'unità di tempo per ogni unità di superficie e per ogni grado di sopraelevazione di temperatura rispetto all'ambiente.

Allorchè il corpo ha raggiunto la temperatura di regime alla quale, come si è detto, tutto il calore di esso sviluppato viene ceduto all'esterno, deve essere: $Q_s = Q_c$ cioè:

$$0{,}24\ r\ i^2 = K\ S_l\ \Delta\ t^\circ \tag{3}$$

La superficie esterna del conduttore è data da

$$S_l = \pi\ d\ l$$

dove l è la lunghezza del conduttore e d il diametro.

La sezione del conduttore è:

$$s = \frac{\pi\ d^2}{4}$$

La resistenza espressa in funzione della resistività ρ e delle dimensioni geometriche è:

$$r = \rho\ \frac{l}{s} = \rho\ \frac{4\ l}{\pi\ d^2}$$

Sostituendo nella (3) i valori di S_1 e di r con le espressioni trovate si ricava:

$$\Delta t^\circ = \frac{0{,}24 \cdot 4}{\pi^2} \frac{\rho i^2}{K d^3} = 0{,}0973 \frac{\rho i^2}{K d^3} \qquad (4)$$

Indicando con σ la densità di corrente nel conduttore si avrà:

$$i = \sigma s = \sigma \frac{\pi d^2}{4}$$

e sostituendo nella (4):

$$\Delta t^\circ = 0{,}06 \frac{\rho \cdot d \cdot \sigma^2}{K}$$

Questa relazione permette di determinare per un conduttore di un determinato diametro d il valore di densità σ tollerabile affinchè la sopraelevazione di temperatura non oltrepassi un valore Δt° prestabilito.

Come norma si possono tener presenti i seguenti valori di densità di corrente generalmente adoperati in pratica, e cioè:

Per cavi sistemati in locali freddi e per piccole intensità . . .	2 A/mm^2
» » » » » caldi e per forti intensità	1 A/mm^2
Per conduttori di motori e proiettori	1 A/mm^2

NORME GENERALI PER LA SISTEMAZIONE DEI CONDUTTORI.

Sulle navi da guerra le linee elettriche sono sempre a due conduttori, uno d'andata ed uno di ritorno; non viene cioè mai utilizzato lo scafo come conduttore di ritorno.

Le condizioni degli impianti a bordo non sono le più favorevoli per assicurare un perfetto isolamento sia perchè lo scafo in ferro presenta per sè stesso una difficoltà, sia perchè la temperatura e l'umidità dei locali sono sfavorevoli alla buona conservazione degli isolanti. Si ovvia a tali inconvenienti ricorrendo a materiali adatti ed eseguèndo gli impianti con cure ed accorgimenti particolari. Sotto questo riguardo, le linee principali si fanno correre lontane quanto più è possibile dalle tubazioni di vapore, evitando di far loro attraversare locali a temperatura molto elevata o eccessivamente umidi, ecc.

La messa a posto delle linee, il montamento delle cassette di derivazione, degli interruttori, delle cassette di valvole ecc., è eseguito in modo che tutto l'impianto risulti perfettamente stagno.

Il materiale da adoperare, cavi e conduttori, è prescritto caso per caso, negli articoli 76÷83 delle norme dell'A. E. I. già citate.

Per evitare che si abbiano disturbi alle bussole magnetiche, per effetto di canalizzazioni elettriche, è prescritto che:

1° In vicinanza delle bussole magnetiche non vi siano conduttori attraversati da correnti elevate. In ogni caso la distanza minima deve essere di m. 2,50.

2° I conduttori di andata e quelli di ritorno delle linee in vicinanza delle bussole debbono essere intrecciati e seguire per quanto è possibile, lo stesso percorso.

3° I proiettori debbono essere sistemati a non meno di 4 metri dalle bussole.

ISOLAMENTO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI.

L'acqua di mare, l'umidità ed il calore sono a bordo, come si è accennato, i principali nemici delle sistemazioni elettriche. Ciò rende necessario oltre che speciali accorgimenti nell'esecuzione degli impianti, anche speciali cure nella manutenzione di essi. Tali cure debbono essere principalmente rivolte a mantenere in ottime condizioni l'isolamento delle linee e degli utenti. E' necessario cioè rintracciare prontamente per ogni circuito le eventuali deficienze di isolamento ed eliminarle prontamente onde evitare le avarie che tali deficienze produrrebbero. Lo scopo può essere raggiunto solo mediante misure di isolamento eseguite periodicamente e sistematicamente su tutte le linee e su tutti gli utenti. Le misure verranno eseguite con i metodi che sono appresso descritti e servono a determinare, per le macchine, l'isolamento dei vari circuiti interni (indotto, induttore, collettore ecc.) e per le linee di alimentazione l'isolamento dei conduttori verso terra e fra loro.

Per quanto riguarda le misure di isolamento sulle dinamo sono già stati indicati i periodi nei quali queste vanno eseguite. Per i motori è bene seguire una determinata successione, a seconda del tipo di nave e degli utenti, per modo che le misure vengano effettuate regolarmente secondo un determinato periodo. La sorveglianza verrà naturalmente intensificata per quelle macchine che presentano deficienze o che sono maggiormente esposte.

Le prove d'isolamento dei circuiti debbono essere eseguite quotidianamente. Si incomincia col misurare l'isolamento delle sbarre dei quadri (interruttori del quadro tutti aperti), poi si passa ai circuiti principali, e poi, collegando man mano i vari circuiti secondari da essi derivati, all'isolamento dell'intero impianto. Risulta così facile individuare in quale circuito esistano eventualmente deficienze di isolamento; e quindi eseguendo su questi opportuni sezionamenti e successive misure, localizzare esattamente il punto in cui esiste l'avaria. Quest'ultima parte è di esecuzione alquanto delicata e richiede

un personale pratico ed esercitato. Generalmente le deficienze si riscontrano nelle cassette di derivazione, in quelle degli interruttori, delle valvole e nei collegamenti in genere. Particolari cure e sorveglianza richiedono i circuiti maggiormente esposti quali ad esempio i circuiti segnali e quelli dei locali caldaie.

METODI E STRUMENTI PER LE MISURE D'ISOLAMENTO.

Per isolamento di un conduttore, si intende la resistenza ohmica che il rivestimento isolante presenta verso terra. Se si tratta di una linea a più conduttori bisogna considerare oltre che l'isolamento verso terra di ciascuno di essi, anche l'isolamento dei conduttori fra di loro, cioè la resistenza dell'isolante interposto fra i conduttori (s'intende che la misura di questo isolamento deve essere eseguita a circuito aperto).

Le misure di isolamento rientrano pertanto nel campo delle misure di resistenze elevate; le resistenze di isolamento non si comportano però come resistenze ohmiche vere e proprie poichè variano in misura spesso molto grande, con la tensione applicata. E' necessario perciò che le misure vengano effettuate alla tensione normale di esercizio.

I metodi per le misure correnti delle resistenze di isolamento possono essere:

a) Misure di isolamento di una linea sotto tensione mediante le indicazioni di un voltmetro:

Indichiamo con X_1 e X_2 le resistenze di isolamento dei due conduttori 1 e 2 verso terra (fig. 386), con V la d.d.p. applicata fra i conduttori e misu-

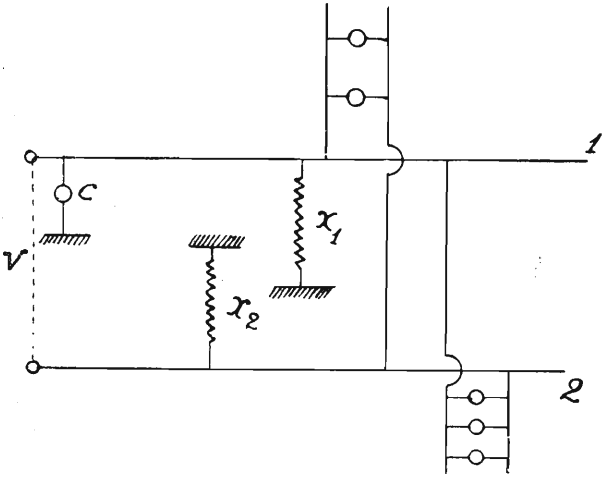


Fig. 386.

rata con un volmetro di resistenza ohmica R. Deriviamo lo stesso volmetro C fra il conduttore 1 e la terra, sia V_1 la lettura, si avrà in queste condizioni una corrente i_0 attraverso il volmetro, una corrente i_1 attraverso la resistenza di isolamento X_1, ed una corrente $i_2 = i_0 + i_1$ attraverso la X_2.

Indichiamo con V'_2 la differenza di potenziale che si localizza ai capi della X_2 per effetto della i_2, sarà $V_2 = i_2 X_2$, ed inoltre $V = V_1 + V_2$ cioè ancora $V'_2 = V - V_1$. Si ricava allora:

$$i_0 = \frac{V_1}{R} ; \; i_1 = \frac{V_1}{X_1} ; \; i_2 = \frac{V'_2}{X_2} = \frac{V - V_1}{X_2}$$

ossia:

$$\frac{V_1}{R} + \frac{V_1}{X_1} = \frac{V - V_1}{X_2} \tag{1}$$

Deriviamo ora il volmetro fra il conduttore 2 e la terra; se V_2 (*) è la lettura che faremo all'istrumento in queste condizioni dovrà essere per analogia con il caso precedente:

$$\frac{V_2}{R} + \frac{V_2}{X_2} = \frac{V - V_2}{X_1} \tag{2}$$

dalle (1) e (2) si ricava:

$$X_1 = R \, \frac{V - (V_1 + V_2)}{V_2}$$

$$X_2 = R \, \frac{V - (V_1 + V_2)}{V_1}$$

La resistenza X d'isolamento complessivo dell'impianto rispetto alla terra è dato dalla risultante delle due X_1 e X_2 in parallelo fra loro ossia:

$$X = \frac{I}{\frac{I}{X_1} \; \frac{i}{X_2}} = \frac{I}{\frac{V_1}{R\,V - (V_1 + V_2)} + \frac{V_2}{R\,V - (V_1 + V_2)}}$$

$$\frac{R\,(V - V_1 - V_2)}{V_1 + V_2} = \frac{R\,V}{V_1 + V_2} - R\,\frac{V_1 + V_2}{V_1 + V_2} = R\left(\frac{V}{V_1 + V_2} - 1\right)$$

Negli impianti di bordo alimentati a 110 V, l'isolamento si considera buono quando X non è inferiore a 47000 ohm; questo valore, usando volmetri aventi resistenza interna di circa 17.000 ohm, corrisponde al valore di circa 30 V per la somma delle due letture V_1 e V_2.

(*) Si noti che per la diversa posizione del volmetro il regime delle correnti attraverso le resistenze è ora diverso e perciò V_2 ha tutt'altro valore di quello V'_2 considerato prima.

Se la prima e la seconda lettura V_1 e V_2 sono eguali o presso a poco, i due conduttori si trovano nelle stesse condizioni di isolamento, e queste condizioni sono evidentemente tanto migliori quanto minori sono le due letture.

Se le due letture sono invece assai diverse, la resistenza di isolamento è minore per quel conduttore sul quale si ha la lettura minore.

Se la lettura V_2 è uguale a zero, e V_1 è uguale a V la resistenza di isolamento del conduttore 2 è nulla (contatto diretto del conduttore con lo scafo).

b) Altro metodo per la misura dell'isolamento di un circuito mediante indicazioni di un volmetro.

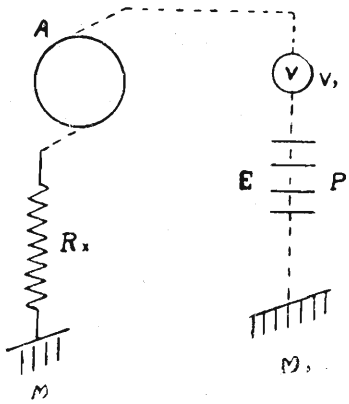


Fig. 387.

In alcuni casi (per esempio se non è possibile mettere sotto tensione le linee o nelle misure d'isolamento dei circuiti interni delle macchine ecc.) può essere utile effettuare la misura servendosi di una batteria di pile P e di un volmetro V montati come in fig. 387. Si collega cioè una batteria di pile P della quale si conosce la f.e.m. E con un polo alla massa e con l'altro ad un capo del circuito di cui si vuol misurare l'isolamento. Il volmetro si mette in serie con la batteria.

Trascurando rispetto alla resistenza di isolamento da determinare (migliaia di ohm), quella del circuito elettrico in esame e quella interna della batteria di pile, il valore della corrente i che percorre il circuito M A M, sarà espresso da:

$$i = \frac{E}{R_V + R_X} \qquad (1)$$

dove Rv è la resistenza del volmetro ed Rx quella incognita.

D'altra parte l'indicazione del volmetro in queste condizioni è:

$$V_1 = R_V \cdot i \qquad (2)$$

avremo perciò dalla (1) e (2) che $i = \frac{V_1}{R_V} = \frac{E}{R_X + R_V}$ e quindi:

$$R_X = \left(\frac{E - V_1}{V_1}\right) R_V = \left(\frac{E}{V_1} - 1\right) R_V$$

CERCA GUASTI ELETTROMAGNETICO.

E' uno strumento di impiego molto frequente a bordo e serve principalmente o per verificare la continuità di circuiti o per rintracciare forti diminuzioni di isolamento e contatti.

E' costituito da una scatola in legno che contiene:

1° Un piccolo generatore con indotto a doppio T con avvolgimento a gomitolo.

2° Un'elettrocalamita munita di un'ancoretta che dà movimento al battente di una suoneria.

3° Una resistenza R di circa 6000 ohm derivata ai morsetti della dinamo.

4° Due morsetti esterni per il collegamento con il circuito da provare. L'elettrocalamita che fa funzionare la suoneria risulta in serie con tale circuito.

Il generatore è azionato a mano per mezzo di un manubrio; la corrente da esso prodotta si suddivide fra il circuito della resistenza di 6000 ohm e quello costituito dal circuito esterno. Se la resistenza di questo ultimo è maggiore di 6000 ohm la corrente che vi circola, non è sufficiente ad azionare la suoneria la quale perciò funziona solo quando tale resistenza è inferiore a 6000 ohm.

Per provare quindi ad esempio l'isolamento di un conduttore basterà collegare uno dei morsetti dello strumento con un estremo del cavo, e l'altro con lo scafo; se l'isolamento del cavo è inferiore a 6000 ohm ponendo in azione il generatore si sentirà squillare la suoneria.

Se si vuol invece verificare la continuità di un circuito se ne collegano gli estremi ai due serrafili, si fa funzionare il generatore e si riscontra se la suoneria entra in azione.

OHMETRO (Fig. 388).

E' uno strumento a lettura diretta per le misure di resistenza. Il tipo di ohmetro adoperato a bordo serve per la misura delle resistenze d'isolamento ed è perciò adatto solamente per la misura di resistenze elevate.

Esso si compone di una piccola dinamo a corrente continua, azionata a mano, mediante un manubrio; di un volmetro e di un amperometro la cui scala è però graduata in ohm. Queste varie parti sono indicate nello schema della fig. 388.

Per eseguire la misura si collega il morsetto A al circuito da provare (questo non deve essere sotto tensione) ed il morsetto B a terra.

Risulta dall'esame dello schema che in queste condizioni fra il conduttore da provare e la terra risulta applicata la tensione della dinamo D. Il valore di questa tensione che è indicata dal volmetro V, deve essere mantenuta costante mediante opportuna rotazione del manubrio, ed uguale a quello per cui l'ohmetro è costruito (in genere 110 o 220 V). Risulta anche che se il conduttore del quale si vuol misurare l'isolamento è in dispersione, l'ampe-

rometro è percorso da una corrente, la cui intensità sarà maggiore o minore a seconda che sarà minore o maggiore la resistenza di dispersione del conduttore stesso. L'amperometro cioè è percorso da una corrente la cui intensità dipende dal valore della resistenza di dispersione, e solamente da questa, perchè come sopra è stato detto, la tensione della dinamo, viene mantenuta costante.

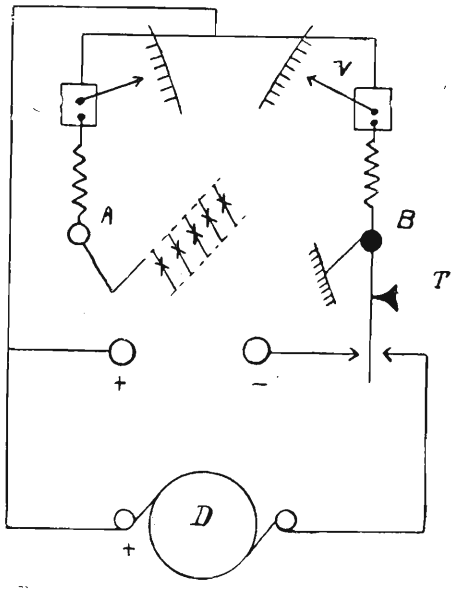


Fig. 388.

Ciò ha permesso appunto di graduare direttamente in ohm il quadrante dell'amperometro.

Il tipo di apparecchio generalmente usato a bordo delle RR. Navi, è quello realizzato dalla Ditta Galileo di Firenze.

Tale strumento può essere usato anche come semplice volmetro. Basta (fig. 388) applicare la tensione da misurare ai morsetti centrali e premere il tasto T.

Le misure di resistenza possono anche essere effettuate servendosi della tensione di bordo (110 o 220 V a seconda degli impianti) invece della tensione prodotta dalla dinamo dell'istrumento. Basta in tal caso applicare detta tensione ai morsetti centrali (+ —) dello strumento, premere il tasto T e collegare il circuito da provare ai morsetti A B nella stessa maniera considerata nel caso dell'impiego normale dell'istrumento.

RIPARAZIONI.

Tutti i lavori sulle linee non debbono essere mai eseguiti sotto tensione per evitare danni ed infortuni.

Nell'eseguire, sostituzioni o spostamenti di cavi elettrici ed in generale in tutti i lavori che richiedono maneggio di cavi è necessario porre ogni cura per evitare di danneggiare il rivestimento isolante. Ciò specialmente per i cavi armati molto pesanti e perciò non facilmente maneggevoli, i quali possono facilmente deteriorarsi se non si adoperano speciali cure negli attraversamenti delle paratie nei tratti a forte curvatura ecc.

I cavi armati vengono montati fissandoli sulle paratie o a « cielo » per mezzo di gaffette metalliche che abbracciano uno o più cavi. Per eseguire il montamento con il minor tormento possibile per il cavo è necessario prima stendere questo lungo tutto il percorso e poi, sollevandolo man mano con l'aiuto di cimette o altro sostegno, fissarlo con le apposite gaffette. Prima di stringere le viti che fissano ogni gaffetta, bisogna stendere bene il cavo per evitare ingobbature fra una gaffetta e l'altra; ciò si può fare mediante una mazzuola di legno prudentemente adoperata.

Il cambio di un tratto di circuito a bordo si presenta ogni qualvolta si riscontrano forti dispersioni che non possono essere attribuite agli accessori cioè cassette di derivazione, interruttori, valvole. Per assicurarsi di ciò, prima di effettuare la sostituzione, è necessario sguarnire tutti e due gli estremi del tratto sospetto, tenerli bene isolati ad eseguire poi la misura dell'isolamento del cavo verso terra.

Se il cavo da sostituire è molto lungo conviene sezionarlo in due o più tratti che vengono provati separatamente, sostituendo poi solo quello che risulta avariato. I collegamenti fra i vari tratti verranno eseguiti mediante cassette di giunzione (V. Cap. XXVII § 147).

I giunti o le derivazioni di più conduttori devono sempre essere eseguiti mediante apposita cassetta e mai direttamente. Solo in casi specialissimi, quando cioè si tratta di riparazioni provvisorie, si possono eseguire collegamenti senza cassette. Si preparano cioè le testate dei conduttori da unire, denudandole per un tratto sufficientemente lungo e tagliando a scaglioni i vari strati di isolante e di armatura, si attorcigliano fra loro le anime oppure si « impiombano » a seconda della loro sezione, e poi si saldano a forte. Eseguita la congiunzione si ricostituisce intorno al giunto l'isolante mediante varie passate di fettuccia di lino prima, e poi con fettucce gommate o meglio con strisce di tela sterlingata. Appena possibile bisogna sostituire a giunto così fatto una normale cassetta stagna.

Molta cura richiedono le riparazioni e le verifiche delle cassette e degli accessori in generale, poichè dalla buona tenuta di questi dipende principalmente l'isolamento dell'impianto. E' importante inoltre curare la tenuta dei manicotti di entrata dei cavi nelle cassette stagne, rimettendo le guarnizioni ogni qual volta si eseguono riparazioni che richiedono la rimozione dei cavi. Spesso si debbono cambiare anche le guarnizioni di tenuta dei coperchi delle cassette.

Dato il numero molto grande di cassette esistenti in un impianto, il non osservare queste norme vuol dire far perdere in breve la proprietà di « tenuta stagna » dell'impianto ed obbligare ad un lavoro di revisione generale molto gravoso.

CAPITOLO XXVIII

Apparecchi di illuminazione e di scoperta

§ 150 — Sistemazione ed esercizio degli apparecchi di illuminazione

SISTEMAZIONE DELLE LAMPADE.

Le lampade devono essere sempre entro fanali chiusi, che servano loro di custodia; fanno eccezione soltanto quelle degli alloggi, che sono portate da semplici bracci di sostegno, e quelle di uso non comune (imbarco di carbone etc.) portate da conduttori volanti.

Queste ultime, devono essere usate solo nei casi di assoluta necessità, e quindi il loro numero a bordo deve essere ridotto al minimo, perchè i conduttori volanti si deteriorano facilmente dando luogo a corti circuiti ed a forti dispersioni.

I fanali regolamentari in uso sono suddivisi in classi e tipi secondo l'uso a cui sono destinati, secondo la forma, etc. (V. album dei fanali regolamentari).

L'illuminazione di ciascun locale viene effettuata con fanali sistemati in punti convenienti, in modo da avere una razionale distribuzione della luce.

Nei locali in cui dorme l'equipaggio, di solito i fanali sono divisi in due gruppi, un gruppo formato da lampade fissate a cielo e l'altro da lampade fissate a murata. Ciascun gruppo è comandato da uno o più interruttori per modo che nelle ore notturne si possono spegnere le lampade a cielo e lasciare accese quelle a murata.

In prossimità di macchinari, o di apparecchi indicatori quali ad esempio livelli d'acqua, manometri etc., la illuminazione deve essere intensificata, in modo che non sia necessario l'uso di lampade portatili.

Gli attacchi dei conduttori ai fanali debbono essere eseguiti con la mas-

sima cura per evitare tutti gli inconvenienti che in quei punti specialmente si manifestano. Le estremità dei cavi e dei tubi devono essere opportunamente sagomate e le connessioni rese stagne nel miglior modo possibile.

In seguito al progresso realizzato nelle costruzioni delle lampade elettriche, le lampade a carbone sono state sostituite anche a bordo delle RR. Navi, dalle lampade a filamento metallico, che offrono rispetto alle prime il vantaggio di avere un consumo molto minore, a pari intensità luminosa, ed una durata molto superiore. I filamenti delle moderne lampade ad incandescenza (anche in quelle a 220 V) sono oggi sufficentemente robusti per resistere alle vibrazioni che subiscono a bordo; viene così a cadere anche l'ultimo elemento che ancora esisteva a favore delle lampade a filamenti di carbone.

Le lampade normali da 16 candele sono alimentate a gruppi di non più di 12 o 15 lampade per impianto a 110 o 220 Volt, e di 7 o 8 per impianti a 12 Volt. Per le lampade di grande potenza ciascun gruppo deve dare un consumo non superiore a 5 ampère.

Ogni gruppo di lampade è alimentato da una derivazione munita di fusibile.

Per quanto è possibile sarà evitato di fare derivazioni dai conduttori principali, per una o poche lampade.

Nei locali nei quali la illuminazione è maggiormente necessaria, le lampade vengono suddivise in un numero maggiore di gruppi in modo che la fusione di una valvola provochi lo spegnimento solo di poche lampade.

ILLUMINAZIONE IN COMBATTIMENTO.

Durante le navigazioni notturne in tempo di guerra, la nave deve essere *oscurata;* cioè da tutto il bordo, non deve sfuggire alcun raggio di luce verso l'esterno.

Nello stesso tempo deve sussistere a bordo un minimo di luce ancora sufficiente affinchè si possa almeno circolare in tutti i locali. Evidentemente quei locali che non hanno alcuna comunicazione con l'esterno restano normalmente illuminati anche quando la nave è in assetto di combattimento notturno. Negli altri locali muniti di « huhlots » portelloni, boccaporti e di qualsiasi apertura comunicante con l'esterno si sostituisce invece l'illuminazione normale con quella di combattimento. Questa è attenuata mediante fanali muniti di globi e lampadini azzurri e fissati lungo le murate di tali locali, al disotto della linea degli « huhlots ». L'alimentazione di tali fanali è fatta con un circuito chiamato « circuito luce combattimento ». Si passa dalla illuminazione normale a quella di combattimento mediante commutatori per mezzo dei quali si alimenta o il circuito luce normale o quello di combatti-

mento. Questi commutatori negli impianti moderni sono ridotti al minimo e situati nelle centrali per modo che la loro manovra viene effettuata solo dal personale elettricista di guardia ed è quindi evitato che chiunque possa, sia pure inavvertitamente, accendere delle lampade in locali che debbono essere oscurati.

Durante la navigazione a « luci oscurate » vengono usati per la segnalazione appositi fanali, che saranno appresso elencati.

Illuminazione dei depositi di munizioni.

Nei locali adibiti a deposito di munizioni, ed esplosivi in genere, è in linea generale vietata la sistemazione di linee elettriche di qualunque specie e per qualunque uso.

Se per particolari circostanze, risulterà inevitabile sistemare dei cavi elettrici nei depositi, bisognerà sempre richiedere l'autorizzazione ministeriale. La sistemazione dovrà poi essere eseguita in modo da presentare la massima sicurezza contro la formazione di cortocircuiti; cioè:

1° Dovranno essere impiegati conduttori unipolari di caratteristiche speciali, e cioè conduttori 18 bis, e 19 ter. (V. elenco descrittivo dei conduttori elettrici regolamentari).

2° La distanza fra due conduttori non deve essere inferiore a cm. 20.

3° Gli interruttori e le valvole, unipolari anch'essi debbono essere sempre e senza eccezione, sistemati esternamente ai depositi.

4° Qualora occorra sistemare cassette di derivazione nell'interno di detti locali, ciascuno dei conduttori di ogni linea, dovrà far capo ad una propria cassetta a chiusura stagna.

5° I fanali da impiegare per la illuminazione dei depositi munizioni dall'interno o dall'esterno, saranno esclusivamente quelli prescritti dall'album dei fanali, (fanale C 1927 per l'interno e C 3 per l'esterno) (fig. 389 e 390).

Lampade a incandescenza regolamentari.

Per il servizio di illuminazione e segnalazione delle RR. Navi sono regolamentari i seguenti tipi di lampade a incandescenza.

1° Lampade MIGNON - attacco a baionetta - 5 candele - filamento di carbone - per fanali di testa d'albero - tensione 110 - 220 V.

2° Lampade a pera di colore azzurro - attacco Edison - 5 candele - filamento di carbone - per fanali di combattimento - tensione 105 - 220 V.

3° Lampade a pera - attacco Edison - 16 candele - filamento metallico - per fanali B./5 - T.40/1 - T.40/2 - tensione 110 - 220 V.

4° Lampade a pera - attacco Edison - filamento di carbone - per fanali B./6 e per circuiti volanti - tensione 110 - 220 V.

5° Lampade a pera - attacco a piuoli - 32 candele - filamento metallico per fanali - 110 - 220 V.

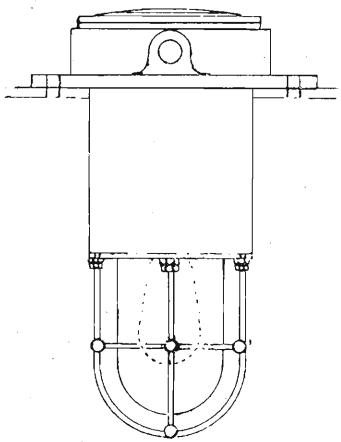


Fig. 389.

Fanali C. 1927 per l'illuminazione di depositi munizioni dall'interno

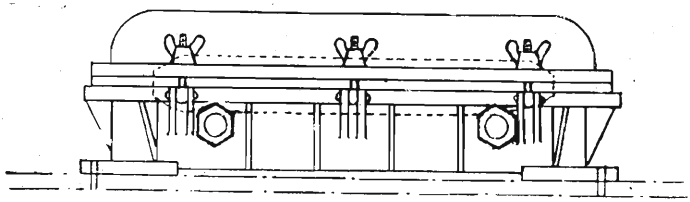


Fig. 390.

Fanali C. 3 per l'illuminazione di depositi munizioni dall'esterno

6° Lampade a pera smerigliate - attacco Edison - 200 candele - filamento metallico - tipo 1/-2 watt. - tensione 110 - 220 V. per fanali stagni locali macchine e ponti scoperti navi maggiori.

Per i servizi ausiliari di bordo sono regolamentari i seguenti tipi di lampade a incandescenza:

Lampade da 4 candele a 4 V. per lampade di sicurezza accumulatori, attacco Mignon.

Lampadine da 4 candele a 4 volt per lampade da palombaro - attacco Micro-Mignon.

Lampadine da 8 volt - 32 candele per fanali Donath - attacco Mignon.

Lampadine da 2 candele e 22 volt - Per ripetitori girobussole Sperry.

Lampadine da volt 2,5 per mire luminose Bargiacchi.

Lampadine da 2 candele 12 volt per indicatori Girardelli.

Circuiti luce di riserva ad accumulatori sulle RR. Navi.

Su alcuni tipi di navi esistono circuiti luce di riserva, alimentati da accumulatori a 12 volt. Tali impianti vengono limitati solo ai locali dove esistono macchinari importanti e dove in genere è maggiormente necessario che non venga mai a mancare la luce. Tali locali sono:

a) Per Navi da battaglia - Incrociatori - Esploratori. Locali macchine - Locali caldaie - Stazioni d'ordine - centrali elettriche - Stazioni R. T. - centrali di tiro - deposito munizioni e teste cariche - centrali telefoniche - locali macchinari timone - torri di comando (illuminazione apparecchi).

b) Per cacciatorpediniere - Locali delle macchine - locali caldaie - centrali di tiro e di lancio.

Nei locali delle macchine, la luce di riserva serve per illuminare oltre che i locali anche gli apparecchi vari (contagiri, telegrafi, manometri, ecc.) che non sono provveduti di sistemi propri e indipendenti di illuminazione. Nei locali caldaie sono illuminati, oltre che i locali propriamente detti, anche i manometri, pompe d'alimento, i riscaldatori, i livelli, filtri di nafta, ecc.

I circuiti per la luce di riserva per i vari locali sono fra loro indipendenti, e ciascuno è in genere provvisto oltre che di interruttori normali, anche di relais di chiusura che entrano in funzione allorchè manca corrente al circuito normale.

Le batterie a 12 volt per l'alimentazione di tali circuiti debbono essere costituite da elementi al ferro-nichel, del tipo regolamentare da 40 amperora di capacità.

Esse debbono essere contenute in cassette sistemate su appositi sostegni fissati in punti non eccessivamente caldi, scelti nelle immediate vicinanze del locale da illuminare. In linea di massima è esclusa la sistemazione delle batterie in coperta. Se assolutamente indispensabile, questa dovrà essere autorizzata dal ministero.

In tal caso, però, le batterie dovranno essere contenute in apposite cassette stagne che debbono essere munite di sfogatoi d'aria, ma nello stesso tempo essere impermeabili alla pioggia ed agli spruzzi di mare.

In linea di massima sono sempre previste a bordo le sistemazioni che permettono la carica sul posto delle batterie di accumulatori dei depositi munizioni e teste cariche; solo le navi maggiori, hanno, un unico quadro generale da cui partono le linee per la carica sul posto di tutte le batterie.

E' tassativamente vietato impiegare per altri usi le batterie della luce di riserva.

FANALI A LUCE NORMALE E DI COMBATTIMENTO.

1° Per l'illuminazione dei vari locali di bordo, esclusi gli alloggi, le carbonaie e i depositi munizioni, sono regolamentari i seguenti tipi di fanali a globo di vetro:

T. 40-1 (fig. 391 con attacco P. A.) da collocarsi a murata dei ponti superiori a quello di protezione, (torri escluse). Con globi o lampadine bianche o bleu a seconda che il fanale è inserito sul circuito a luce normale o su quello di combattimento. Per i fanali del circuito di combattimento la lampadina azzurra sarà a filamenti di carbone, da 5 candele.

T. 40-2 (fig. 392 con attacco T. A.) da collocarsi a cielo, nei ponti superiori a quello di protezione (torri escluse). Solo per luce normale.

B. 5 (fig. 393 con attacco P. A.) a cielo o a murata per le torri, nei locali macchine e caldaie, e, in genere, per i locali inferiori al ponte di protezione. Con globo e lampadina bianca o bleu, come per il fanale T. 40-1.

T. 40-1 bis

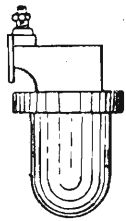


Fig. 391.

T. 40-2 bis

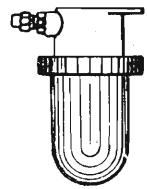


Fig. 392.

B. 5 bis

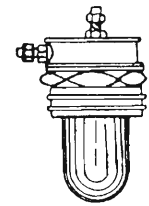


Fig. 393.

Fanali elettrici

Questo fanale, quando impiegato a luce azzurra, deve essere sistemato solo su paratie e mai a cielo.

2° I fanali a luce azzurra (inseriti su circuito speciale e distinto di combattimento) devono essere sistemati nei locali della nave la cui luce può essere visibile dall'esterno (di fianco o dall'alto attraverso houhblots, osteriggi, boccaporti, ecc.).

3° I fanali (T. 40-1 e B. 5, con globo e lampadina da 5 c. bleu) per il circuito di combattimento, devono in linea di massima essere sistemati a murata e in posizione bassa. Il numero di detti fanali da sistemare in ciascun locale deve essere tale che la luce non risulti più visibile a 400 metri di distanza dalla nave. Qualora, per particolari ragioni, non fosse possibile sistemare i fanali azzurri bassi e a murata, la loro ubicazione sarà in ogni modo tale da non consentire dall'esterno la visibilità diretta del fanale.

4° Per evitare i dannosi effetti delle scosse e vibrazioni dovute al giro delle artiglierie, si stabilisce che, tanto per i fanali a luce normale quanto per quelli di combattimento, la sistemazione sia fatta sulle basi molleggianti regolamentari come segue:

a) *Sulle navi maggiori* - nelle torri, nelle batterie, in prossimità dei pezzi, e, in genere, nei punti ove si presume che possano più facilmente essere risentiti gli effetti del tiro.

b) *Sul naviglio silurante*: in tutti i locali e per tutti i fanali T. 40-1 e T. 40-2 e B. 5; sistemati a bordo.

FANALI DI VIA PER LA NAVIGAZIONE A « LUCI OSCURATE ».

1° *Le navi corazzate, gli Incrociatori e gli Esploratori devono essere forniti dei seguenti fanali*:

a) Un fanaletto azzurro sistemato sull'asta della bandiera di bompresso con luce rivolta verso poppa, appena visibile dalla plancia e perfettamente oscurata nelle altre direzioni. Ha lo scopo di facilitare l'apprezzamento delle distanze dalla unità prodiera.

b) Due fanali a luce azzurra rivolti verso poppa, sistemati per chiglia; uno al coronamento ad almeno 3 metri sul galeggiamento e l'altro a sufficiente distanza orizzontale e verticale dal primo. Hanno lo scopo di permettere alle unità che si trovano a poppavia della nave di bene individuarne la direzione.

Questi fanali devono essere costruiti in modo da illuminare senza interruzione un arco di orizzonte di 90 gradi e fissati in guisa da proiettare la loro luce da 45° a dritta a 45° a sinistra della poppa. La intensità dei fanali dovrà essere tale da renderli visibili alla distanza massima di circa metri 1000, in notte oscura e atmosfera limpida.

Il fanale più alto (quello più a proravia) avrà la possibilità di essere impiegato anche per eventuali segnalazioni con la nave poppiera.

c) Un fanale di scia (di uso eventuale) a luce azzurra, visibile alla distanza massima di 1000 metri, fornito di oscuratore ad imbuto, rivolto in basso,

in modo che la luce riflessa sul bianco della scia risulti visibile dalla plancia della unità che segue.

d) Due gruppi di fanali colorati, per segnalazioni di accostate ed andature macchina, sistemati uno per lato alle estremità della plancia di comando, ad intensità luminosa tale che le luci siano visibili a circa 800 metri.

e) Un fanale « Donath » a luce bianca, munito anche di una serie di vetri colorati facilmente ricambiabili, fra i quali uno azzurro, tali che la luce colorata sia visibile a circa 800 metri.

f) Un elettrosegnalatore a mano « trappola », come riserva al fanale « Donath ».

I fanali di cui al comma *e*) ed *f*) devono essere muniti di dispositivo per limitare l'apertura del fascio luminoso.

I vetri colorati devono essere facilmente ricambiabili. Devono esistere sulla plancia, per la presa di corrente, due innesti per ciascuno dei fanali, uno per lato.

2° *I cacciatorpediniere e le navi sussidiarie di dislocamento superiore alle 500 tonn., debbono essere forniti;*

g) Di fanali a luce azzurra, con la stessa disposizione e con le stesse caratteristiche di quelli indicati al comma *b*), visibili però alla distanza massima di circa 400 metri.

Il fanale poppiero sarà a circa 3 metri sul livello del mare.

h) Dei fanali indicati al comma *d*) *e*) ed *f*).

3° *I sommergibili devono avere*:

i) due fanali delle caratteristiche indicate al comma *g*), potendo però il fanale di coronamento essere anche ad una altezza minore di quella indicata.

l) I fanali indicati dalle lettere *e*) ed *f*).

4° *Le unità di dislocamento inferiore alle 500 tonn., debbono essere fornite*:

m) Di un fanale a luce azzurra, sistemato al coronamento a non più di 3 metri dal livello del galeggiamento; visibile da chi si trovi a poppavia dell'unità come precisato al comma *b*), ma alla distanza massima di 400 metri.

n) Dei fanali indicati dalle lettere *e*) ed *f*) dell'articolo 1°.

FANALI DI TESTA D'ALBERO NAVALI.

Sono regolamentari per le navi i fanali elettrosegnalatori di testa d'albero seguenti:

a) Fanale di testa d'albero tipo Nave, a 25 lampadine da 5 c., alimentate dalla rete di bordo. (V. disegno serie 24 n. 1096 tav. 32-33-34. Album dei fanali di navigazione e di segnalazione) (fig. 394).

b) Fanale binato di testa d'albero, tipo CC. TT., a 6 lampadine da 5 candele per ciascun fanale, alimentato dalla corrente di bordo. (Vedi disegno N. 1096 serie 24 tav. 35. Album dei fanali di navigazione e segnalazione) (fig. 395).

Tipo 1915

Fig. 394.

Binato

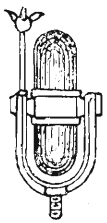


Fig. 395.

Fanali el. per testa d'albero

Tanto i fanali del comma *a)*, quanto quelli del comma *b)*, non sono più dotati di parafulmine, servendo a tale scopo l'aereo della stazione radiotelegrafica.

CONDOTTA DEL SERVIZIO LUCE.

La durata normale di una buona lampada a filamento metallico varia dalle 800 alle 1000 ore; le condizioni di impiego abbreviano però spesso tale vita pertanto è necessario evitare tutte le cause che possono provocare tale diminuzione.

E' importante a questo scopo che la tensione applicata alle lampade non oltrepassi mai il valore normale; anche un lieve aumento di tensione ne riduce notevolmente la vita.

Le vibrazioni e le scosse riducono sensibilmente la durata delle lampade, si adoperano perciò, come si è detto innanzi fanali montati su basamenti a molla nei locali in cui essi sono più facilmente esposti a scosse e vibrazioni.

Sia nei riguardi dell'economia del servizio dell'impianto sia per aumentare la durata delle lampade è necessario stabilire per ogni nave in base alle esigenze di bordo, un orario per l'accensione e lo spegnimento della luce nei vari locali.

Nel guarnire i portalampade, si useranno le stesse precauzioni che si devono usare per tutti gli altri accessori dell'impianto, onde evitare dispersioni e corti circuiti. Si avrà quindi cura di fissare bene le basi ai fanali, avvitandole e fissandole con le apposite viti di pressione; si manterrà perfetto l'isolamento dei due conduttori, scoprendo il filo per la quantità puramente necessaria, attorcigliandolo se composto di fili multipli, e stringendo bene i serrafili. Non si dimenticherà di mettere un foglietto di fibra, per isolare i serrafili stessi e si stringerà bene la ghiera di porcellana.

Nei portalampade a piuoli bisognerà regolare la tensione delle mollette e verificare che i piccoli denti delle mollette facciano presa nei piuoli, per impedire che le lampade abbiano a cadere per le vibrazioni.

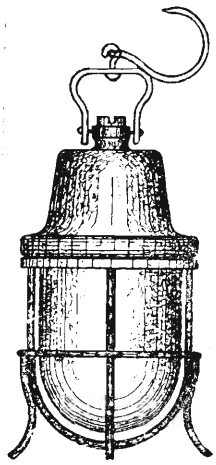


Fig. 396.

Tutti gli interruttori dovranno avere un segno indicante la posizione che corrisponde all'accensione delle lampade, ciò è specialmente necessario per quegli interruttori che sono disposti in modo che chi li manovra non può vedere contemporaneamente le lampade da essi comandate.

Lo stato di pulizia dei fanali, la loro chiusura, lo stato delle guarnizioni, gli attacchi dei fanali alle canalizzazioni, lo stato dei portalampade, dei conduttori ecc. sono tutti elementi che debbono essere spesso ed accuratamente verificati.

Dovrà sempre esser tenuto pronto a bordo un conveniente numero di lampade volanti, ben isolate e munite della prescritta gabbietta di protezione (fig. 396).

Come già è stato accennato, l'uso di queste lampade deve essere però limitato ai soli casi di assoluta necessità e ad ogni modo esse almeno una volta al mese, debbono essere tutte ritirate, verificate e nuovamente distribuite.

Deve essere rigorosamente proibito l'uso di lampade volanti improvvisate dal personale e non regolamentari.

Globi a tinte speciali per RR. Navi.

Allo scopo di disciplinare le condizioni tecniche di acquisto, e l'uso sulle RR. Navi dei globi a tinte speciali destinati ai fanali che servono per indicazioni speciali, è prescritto che:

a) Per i circuiti di combattimento i globi siano a tinta bleu, come da norme già in vigore.

b) Per indicare gli organi di manovra per *allagamento depositi* i globi siano a tinta rossa.

c) Per gli allagamenti a pioggia siano in colore verde bandiera.

d) Per indicare l'ubicazione degli accessi ai *depositi munizioni* ed esplosivi in genere, i globi siano in tinta gialla.

I globi colorati debbono essere di tinta unita con colore impastato nel vetro, e non dipinti internamente ed esternamente a freddo o a caldo.

§ 151 — Sistemazione e funzionamento dei proiettori

I proiettori, per il servizio che sono destinati ad espletare sono in genere sistemati sulle alberature in apposite coffe, oppure sopra i ponti di comando, cioè sempre in punti elevati.

I proiettori usati nella R. Marina sono i Galileo-Sperry; la fig. 397 ne indica schematicamente il funzionamento, (V. manuale dell'elettricista), la cui tensione di esercizio è di 75 volt. Se la tensione dell'impianto elettrico è di 220 volt, la energia elettrica per la alimentazione dei proiettori, è ridotta alla tensione di 110 V., mediante l'interposizione di un trasformatore rotante (dinamomotore) (V. capitolo seguente).

Questo valore di tensione viene poi ancora ridotto, a 75 V; con lo stesso procedimento adoperato negli impianti alimentati a 110 volt e cioè mediante una resistenza in serie con le lampade e che determina una caduta di tensione di 35 V.

Per il funzionamento è necessario eseguire quanto segue:

Preparazione della lampada.

Dopo aver pulita la lampada ed averne lubrificate le parti meccaniche, si metteranno a posto i carboni. Essi debbono essere asciutti, e, senza screpolature.

Il carbone positivo ha un diametro di m/m 16, e quello negativo di m/m. 11.

Nel mettere a posto il carbone positivo, se ne arrotonda leggermente una estremità e poi si introduce nel supporto facendone sporgere circa 16 m/m. dal tubo di quarzo.

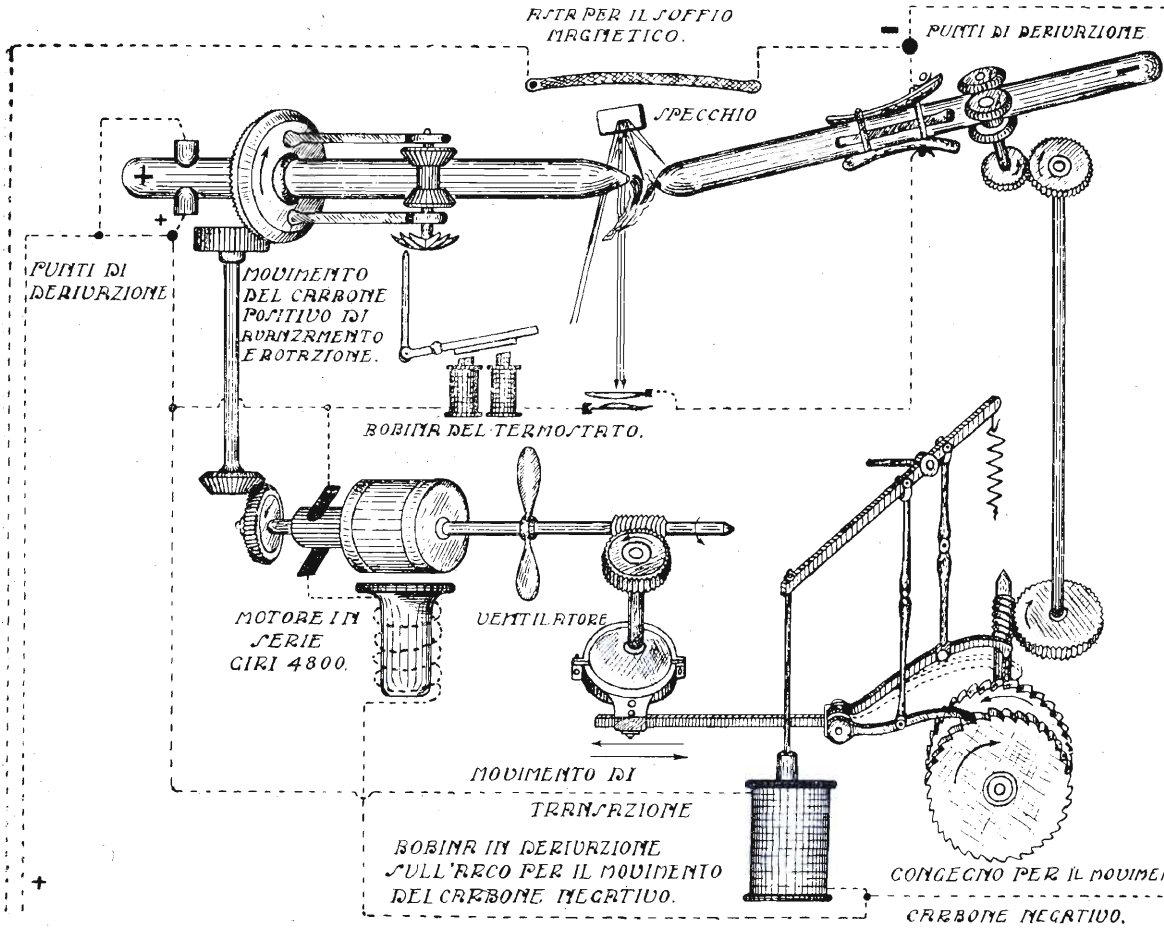


Fig. 397.

Dimostrazione schematica del funzionamento di una lampada per proiettare tipo Sperry da 75 V. 150 A. e 500 C. per m/m^2

Si esaminano poi le spazzole di contatto, la tensione della loro molla ed i rulli di avanzamento, che devono far buona presa sul carbone.

Nel mettere invece a posto il carbone negativo, bisogna verificare che il carbone stesso sia appuntato ad una estremità, e che la sua ramatura sia perfettamente liscia.

Per introdurre il carbone, è necessario, girare il sostegno negativo, premere sulla piastra di base, ed aprire lo sportello della cuffia di ottone che protegge la testa positiva.

Il carbone negativo introdotto dal davanti, cioè dalla testa del carbone positivo, deve essere lasciato sporgere di circa 40 m/m dalla sua testa - dopo

di che, il sostegno negativo verrà riportato nella sua posizione normale, e sarà chiuso lo sportello della cuffia della testa positiva.

E' molto importante, ricordare di chiudere poi tutti gli sportelli del proiettore e ciò perchè le correnti d'aria disturbano facilmente l'arco.

AVVIAMENTO.

Si chiude l'interruttore principale, dopo essersi assicurati che i carboni siano scostati.

Appena acceso l'arco, bisogna verificare che la estremità del carbone positivo sia in corrispondenza della linea segnata sullo schermo di vetro smerigliato, portandolo in detta posizione qualora risultasse spostato.

Ricordare che la lunghezza dell'arco deve essere di circa 25 m/m per una lampada da 150 ampère, in queste condizioni il volmetro deve indicare una tensione di 72 - 75 volt, e l'amperometro un consumo di 150 ampère.

La lunghezza dell'arco può essere regolata per mezzo del bottone di regolazione della molla del solenoide, che scorre in una scanalatura dentro la lampada.

Appena acceso il proiettore, osservare subito se il fascio è o no perfettamente cilindrico, il che si può ottenere mettendo a fuoco la lampada, cioè avvicinandola o allontanandola dallo specchio.

Se il fascio è molto divergente cioè tende ad ingrandirsi, occorre allontanare la lampada dallo specchio, e ciò si ottiene con la manovra dall'apposito volantino situato dietro la lampada; se il fascio tende ad impicciolirsi vuol dire che la lampada è troppo distante dallo specchio, perciò con lo stesso volantino occorre avvicinarla.

Durante il funzionamento non si devono mai aprire gli sportelli del fanale e se si devono sostituire i carboni, è prudente attendere almeno mezz'ora per evitare che lo specchio raffreddandosi rapidamente si rompa o si deteriori.

SPEGNIMENTO.

Per spegnere il proiettore, basta aprire l'interruttore principale e coprire bene il proiettore con una cappa e tenerlo coperto per parecchio tempo; ciò per evitare un raffreddamento molto rapido che potrebbe causare le avarie più sopra accennate.

Quando la lampada si è raffreddata bisogna pulire il riflettore, il vetro anteriore, e le parti interne del fanale per togliere qualunque deposito che possasi essere formato durante il funzionamento.

MANUTENZIONE.

E' necessario eseguire spesso una buona pulizia del proiettore ed una accurata lubrificazione degli organi meccanici con olio minerale bianco molto fluido.

Per eseguire la manutenzione della lampada, bisogna toglierla dal proiettore, pulire una per una le varie parti che la costituiscono verificandone lo stato ed il regolare funzionamento.

Più particolarmente, è necessario pulire bene i quattro contatti di rame che conducono corrente al carbone negativo, verificando le molle che premono il contatto stesso; assicurarsi che tutti i rulletti abbiano facile movimento di rotazione, che la godronatura sia ancora in condizioni buone, e che la molla a spirale dei rulletti stessi eserciti una giusta pressione.

Sulla testa positiva bisogna invece pulire i contatti di argento, che devono scorrere facilmente nelle loro guide ed esercitare una giusta pressione sul carbone, verificare che la molla di tensione sui rulletti abbia conservato la sua elasticità e che non sia bruciata la boccola di quarzo; il cambio di questa si rende necessario di solito dopo 50 ore di funzionamento.

Se la lampada ha il termostato, bisogna toglierlo da posto, ed eseguire con finissima carta smerigliata la pulizia delle punte platinate, verificando che l'asticciola fissa si trovi a metà dello spazio libero, e che la verniciatura nero opaco delle laminette sensibili sia in buono stato.

In navigazione oppure in porto, nelle giornate di pioggia e durante gli imbarchi di carbone, si terrà la cappa a posto e bene legata in fondo.

Settimanalmente si visiteranno lampada e proiettore; si curerà che gli ingranaggi del proiettore siano bene ingrassati e si proveranno i vari movimenti; si puliranno gli specchi levando la polvere con stracci puliti, e lavandoli anche con alcool. Si verificheranno i contatti dell'interruttore e quelli delle spazzole di presa di corrente, i serrafili, ecc.

Si proverà a mano la lampada per verificare che funzioni bene e che giri bene specialmente l'asse filettato del portacarbone, il quale è facilmente soggetto ad urti; si lubrificheranno i cuscinetti con olio d'oliva finissimo, si verificherà il funzionamento del motorino controllando che le spazzole siano bene fissate sui loro sostegni, che siano asciutti ed in buono stato gli avvolgimenti del motorino stesso e dei vari rocchetti, che siano in ordine e senza screpolature i rivestimenti delle connessioni interne, che siano stretti i serrafili, che non abbiano sbavature e screpolature i contatti dell'interruttore.

Ogni lampada, e le relative manovre elettriche a distanza, sarà fatta funzionare almeno una volta al mese.

Ogni proiettore, la rispettiva lampada e tutti gli accessori saranno contradistinti con uno stesso numero; i conduttori volanti (anch'essi numerati secondo il proiettore cui appartengono) saranno conservati, possibilmente, in stipetti nelle vicinanze del proiettore o in altro deposito, però sempre in luoghi protetti contro l'umidità.

I carboni saranno conservati in locali asciutti e qualora per un imprevisto incidente, risultassero bagnati, si faranno asciugare al sole o dentro un forno a moderata temperatura.

CAPITOLO XXIX

Motori e convertitori elettrici

§ 152 — **Generalità**

Il rapido progresso della tecnica nel campo delle applicazioni elettriche navali, ha fatto sì che in pochi anni l'uso di motori elettrici venisse esteso a tutti i servizi ausiliari di bordo.

A dimostrare la superiorità dei motori elettrici, sugli altri, bastano le considerazioni seguenti:

a) I motori elettrici, permettono, rispetto a quelli idraulici ed a vapore, maggior semplicità di manovra.

b) A pari potenza il peso e l'ingombro di un motore elettrico, è notevolmente inferiore a quello del corrispondente motore a vapore od idraulico.

c) Con i motori elettrici, è più facile raggiungere velocità elevata che non con gli altri motori, aventi in genere organi dotati di moto alternativo.

d) I cavi elettrici di alimentazione, sono molto meno ingombranti delle tubolature idrauliche o di vapore.

e) Sebbene le avarie delle tubolature idrauliche o di vapore, siano più facilmente individuabili di quelle delle linee elettriche corrispondenti, pure le avarie a queste ultime sono spesso più facilmente e più rapidamente riparabili.

Le applicazioni dei motori elettrici sulle navi, che fino ad una ventina di anni fà erano limitate, sono adesso per queste ragioni numerosissime.

Nei riguardi della sicurezza di funzionamento l'esperinza delle numerose applicazioni finora effettuate permette di affermare che anche sotto questo aspetto si può fare completo affidamento sulle macchine elettriche.

Le più importanti delle applicazioni dei motori elettrici a bordo, sono le seguenti:

1°) Ventilazione dei locali.

2°) Manovra elettrica delle artiglierie e dei tubi di lancio.

3°) Manovra elettrica del timone (con comando a distanza).
4°) Manovra degli argani, degli alberi di carico, dei tonneggi.
5°) Pompe centrifughe — (di grande esaurimento, d'igiene, ecc.).
6°) Elevatori delle munizioni.
7°) Verricelli montacarbone.
8°) Viratrici degli assi di macchina.
9°) Impianti frigoriferi.
10°) Movimento di macchine utensili.

Per disimpegnare tali servizi vengono usati motori in serie, in derivazione e compound a seconda dei vari scopi e precisamente:

1°) I motori in serie vengono impiegati in quelle applicazioni in cui si richiede forte copia motrice all'avviamento ed elasticità di marcia e per il funzionamento a carico costante.

2°) I motori in derivazione si prestano per tutti quegli usi nei quali è richiesta costanza di velocità con cariche variabili (elevatori, pompe).

3°) I motori compound, per applicazioni che richiedono uno sforzo rilevante alla messa in moto, ed una velocità relativamente costante dopo avviato.

§ 153 — **Sistemazione dei motori**

Per la sistemazione dei motori il cui basamento è poggiato su di un ponte, escluso il caso di motori molto grossi, non è in genere necessario ricorrere a rinforzi speciali del ponte.

Allorchè il motore viene poggiato su mensole fissate a paratia è invece quasi sempre necessario ricorrere a rinforzi.

Allorchè il motore è fissato al ponte, il basamento viene poggiato su di un tacco di legno duro, che ha l'ufficio di servire da cuscinetto al motore e di attutirne le vibrazioni, di sollevare il motore dal piano del ponte e facilitarne la livellazione. Questo tacco deve essere foderato di piombo e deve avere all'intorno un bordo rialzato per riparo dell'acqua. Il fissaggio del motore viene eseguito mediante perni che uniscono il basamento al ponte attraversando il cuscinetto di legno.

In genere i motori sono mandati a bordo completamente montati, perciò non rimane che da fissarli sul loro basamento e stabilire le connessioni col circuito esterno.

I motori accoppiati alla macchina operatrice per mezzo di giunti rigidi quali si hanno nelle maggior parti dei casi, debbono essere fissate sul basa-

mento in modo che il proprio asse risulti esattamente livellato rispetto a quello della macchina. E' perciò necessario regolare con la massima esattezza lo spessore del cuscinetto di legno, rettificando poi il livellamento con spessori aggiunti. I fori praticati nei piedi del motore sono più larghi dei perni che li attraversano in maniera da consentire i piccoli spostamenti necessari per ottenere il perfetto livellamento dell'asse. Solo dopo che questo è stato ottenuto e che montando il giunto è stato verificato che il motore giri liberamente, si stringeranno a blocco i perni.

Se il motore non fosse già montato, prima di eseguire il montamento è bene verificare le varie parti per assicurarsi che non abbiano subìto avarie durante il trasporto, converrà perciò mettere il motore su di un tornio per verificare che l'indotto ed il collettore siano centrati, si eseguiranno poi le prove di conducibilità e l'isolamento di tutti i circuiti interni, indi si verificheranno i cuscinetti.

Messo a posto l'indotto se ne verificherà ancora il centramento rispetto alle masse polari.

In diverse applicazioni il giunto, pur essendo rigido, è sconnettibile. L'accoppiamento e disaccoppiamento si ottengono manovrando una leva.

In altri casi, meno numerosi però, quando si vuol avere un determinato rapporto fra i giri del motore e quelli della macchina azionata, si stabiliscono unioni per mezzo di ruote dentate, di viti senza fine, o assi ausiliari mossi per mezzo di cinghie.

Alcuni motori come ad esempio quelli per la manovra delle artiglierie, ed i motorini per la manovra a distanza dei proiettori, sono muniti di giunti elettromagnetici che funzionano al solo passaggio della corrente in modo che il motore risulta disaccoppiato quando non lavora.

Nei motori per ventilatori le ventole sono generalmente montate sullo stesso asse del rotore.

I motori devono essere protetti, nel miglior modo dall'acqua, dall'umidità e dalla polvere, sia sistemandoli in locali riparati, sia difendendoli con mensole, custodie di lamierino ecc.

Gli elettroventilatori, dovendo poter fare un servizio lungo e continuo, devono essere particolarmente curati.

Ogni elettromotore deve essere munito di valvole e di interruttore, quest'ultimo deve essere sistemato in vicinanza degli organi di messa in moto e regolazione.

§ 154 — Messa in moto dei motori - resistenza d'avviamento

Esclusi i motori di piccolissima potenza (elettroventilatori da tavolo etc.) tutti gli altri all'atto dell'avviamento vengono collegati alla rete non direttamente ma attraverso una resistenza variabile, che serve a ridurre la corrente assorbita dal motore, affinchè questa non oltrepassi il valore massimo che l'avvolgimento d'armatura può sopportare (V. Manuale dell'Elettricista).

Questa resistenza, tutta inclusa all'atto della messa in moto, viene man mano esclusa mentre il motore assume la velocità normale.

La resistenza d'avviamento, è di solito variata a tacche: alla posizione di riposo (leva a zero) corrisponde spesso l'apertura del circuito, anche in questo caso però è sempre necessario l'uso dell'interruttore bipolare a monte della resistenza.

Nei motori con inversione di marcia, l'apparecchio in messa in moto serve anche per invertire il movimento; ciò si ottiene per mezzo di varii contatti, in modo che manovrando la leva del reostato in un verso o nell'altro si inverta la corrente nell'indotto o negli induttori. In genere, si fa invertire il senso della corrente nell'indotto.

§ 155 — Particolari dispositivi per i grossi motori a bordo

Molti macchinari elettrici delle navi sono sistemati in locali poco accessibili, lontani dalla sorveglianza diretta e continua; è perciò necessario proteggerli quanto più è possibile da eventuali avarie. A questo scopo quasi tutti i motori in uso sulle navi sono del tipo *chiuso* detto corazzato, e molti sono anche stagni fino ad una pressione corrispondente ad alcuni metri d'acqua.

Le leve di comando dei reostati di avviamento sono munite di ritorno a zero automatico per cui se manca corrente mentre il motore è in funzione ed il reostato completamente escluso, la leva torna automaticamente nella posizione a cui corrisponde l'interruzione del circuito di alimentazione. Con ciò è evitato il grave pericolo che, se l'interruzione è piuttosto lunga ed il motore abbia avuto tempo di fermarsi, si riavvii con la resistenza esclusa appena cessa l'interruzione.

Per ottenere il ritorno a zero automatico le leve di manovra sono munite di una molla che tende a riportarle a zero e che quindi è in tensione quando il reostato è tutto escluso e la leva in fine corsa. In queste condizioni la leva è trattenuta da una elettrocalamita eccitata dalla corrente del rotore e da quello dello statore.

In seguito ad una interruzione di corrente l'elettrocalamita si diseccita e la leva, richiamata dalla molla, tornerà a zero.

Se l'elettrocalamita è posta in serie con l'indotto, il manubrio scatta ed interrompe il circuito appena manca la corrente (Fig. 398). Se viceversa è in serie con l'eccitazione, poichè il rotore anche dopo l'interruzione della corrente continua ancora a girare per inerzia, l'eccitazione stessa, e quindi anche l'elettrocalamita sono percorse da una corrente variabile dovuta alla f.c.e.m. del motore.

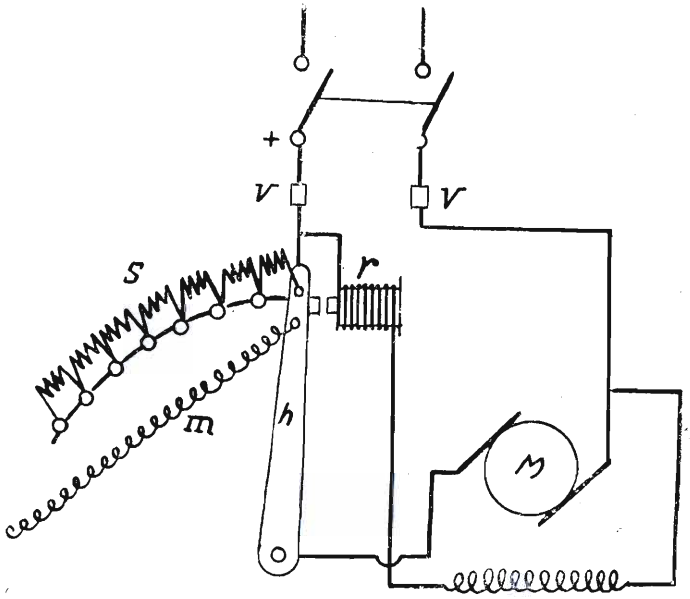


Fig. 398.

Ciò è utile perchè se l'interruzione della corrente è di brevissima durata, il motore può riprendere regolarmente da solo il suo movimento.

Poichè i reostati di avviamento sono parte essenziale per il funzionamento e la protezione dei motori è necessario che essi siano molto curati:

1°) Si sorveglierà che il dispositivo automatico per il ritorno a zero abbia un regolare e sicuro funzionamento. Si deve principalmente curare che la leva si muova liberamente e non sia in alcun modo ostacolato il ritorno a zero.

2°) I reostati d'avviamento dovranno essere sempre completamente esclusi ad avviamento ultimato, poichè sono calcolati solo per funzionamento intermittente e quindi non possono restare a lungo sotto corrente.

3°) Accurata manutenzione dovrà essere fatta alle spazzole striscianti, che dovranno poggiare bene su tutti i contatti fissi del reostato.

4°) Le riparazioni dei reostati importanti a bordo, sono in linea di massima vietate. Dovendo eseguirle per urgenti necessità, occorrerà non alterarne le caratteristiche e tener presente che il collegamento dei vari elementi deve esser fatto solo con serrafili stretti a blocco e non mediante saldature che non resisterebbero alle temperature elevate a cui di solito arrivano i reostati. Ordinariamente si proteggono i motori più importanti anche con un interruttore a massima in serie col rotore.

Alcuni motori sono provvisti di sistemi automatici di avviamento a distanza. Questi possono essere realizzati in svariati modi. In generale però l'esclusione graduale della resistenza d'avviamento è provocata per mezzo di ruotismi dal movimento che un'elettrocalamita, quando eccitata, imprime ad un nucleo di ferro. Il circuito che alimenta l'elettrocalamita è derivato dalla linea di bordo ed è comandato da un interruttore situato nel punto dal quale si vuol fare l'avviamento del motore.

Il movimento del nucleo nell'interno del solenoide è ostacolato da un sistema di compressione (idraulico o ad aria) in modo che avvenga con la dovuta lentezza. Allorchè si apre l'interruttore di comando o venga in qualsiasi modo a mancare la corrente, il nucleo cade ed il reostato torna a zero.

Nei « controller » di manovra dei grossi motori si hanno spesso forti correnti di apertura che producono veri archi sui blocchetti di contatto. Per evitare che tali contatti vengano rapidamente deteriorati è necessario che questi archi abbiano la minima durata, si adoperano allora i cosidetti « soffiatoi magnetici » formati da elettrocalamite poste in vicinanza dell'arco da interrompere. Poichè l'arco voltaico può rappresentarsi come una corrente elettrica attraversante l'aria, il campo magnetico (fig. 399) agisce con una forza F,

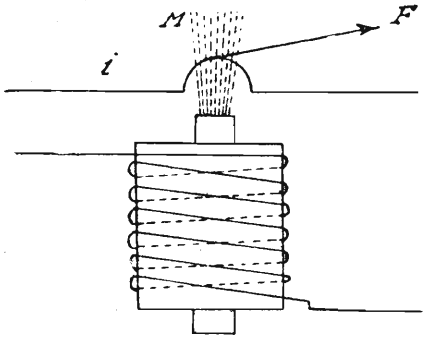


Fig. 399.

di direzione normale alla corrente i ed al campo H. L'arco viene allungato; e si rompe.

Altra condizione cui debbono spesso soddisfare i motori di bordo è l'arresto immediato.

A questo scopo possono essere diversi i sistemi frenanti impiegati. Alcuni sono elettrici, altri elettrici e meccanici assieme (freno elettromeccanico di blocco) o a doppio sistema meccanico.

§ 156 — **Trasformatore rotante**

I motori adoperati per molte applicazioni (argani, motori delle torri, motori per brandeggio dei tubi di lancio, motori degli alberi di carico) debbono lavorare con regime di velocità e di carico che subiscono rapide e forti variazioni, la grande elasticità di marcia che si richiede in questi casi è superiore a quella che può realizzarsi con gli ordinari mezzi di regolazione (reostato di campo) ed è quindi necessario variare anche la tensione di alimentazione del motore. A tale scopo si adopera un complesso, impropriamente chiamato « trasformatore rotante », il quale permette di realizzare ciò senza dover ricorrere all'inserzione di reostati il cui uso non sarebbe pratico.

Questo complesso è costituito (fig. 400):

a) da una dinamo D ad eccitazione separata, mossa da un ordinario motore in derivazione.

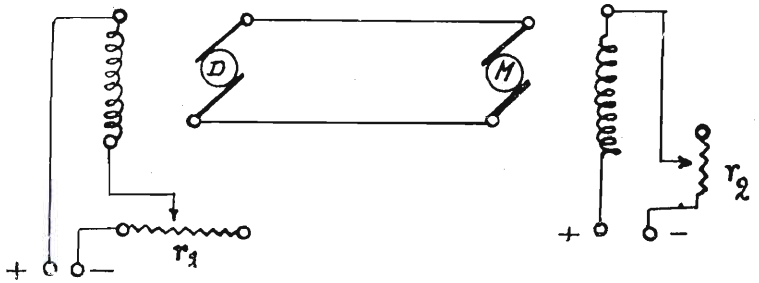


Fig. 400.

b) un motore M, anche ad eccitazione separata, il quale è il motore di lavoro, cioè quello che aziona il macchinario (argano, timone, ecc.) che si vuole far funzionare.

Il circuito di eccitazione della dinamo D e quello del motore M, sono presi dalla rete di bordo: la corrente di eccitazione viene regolata mediante un *controller* che fa variare le resistenze r_1 ed r_2 sui due circuiti di eccitazione.

Variando l'eccitazione della dinamo D, si varia la tensione V applicata al motore, variando invece l'eccitazione del motore varia il flusso magnetico Φ dei poli induttori. Poichè il numero di giri è espresso da:

$$n = K \frac{V - R I}{\Phi}$$

dove K è una costante di proporzionalità ed R e I la resistenza e la corrente di armatura, si capisce come variando sia la V che Φ si abbiano velocità variabili entro limiti molto più estesi che non variando solo Φ. Con questo sistema inoltre la spesa di energia nei reostati è minima in quanto essi sono inseriti nei circuiti di eccitazione.

Le forti velocità si hanno escludendo tutta la resistenza del circuito di eccitazione della dinamo (V Max) e inserendo tutta la resistenza del circuito di eccitazione del motore (Φ minimo); le velocità basse, facendo l'operazione inversa. Anche la coppia motrice $C = K \Phi I$ varia tra limiti assai estesi in quanto variando l'eccitazione della dinamo, si varia infatti la corrente I, fornita dalla dinamo al motore, e agendo sull'eccitazione del motore di lavoro, si varia Φ .

All'avviamento, è necessario che il motore sviluppi una forte coppia motrice; conviene perciò escludere tutta la resistenza del reostato dell'eccitazione del motore, con che è forte il valore di Φ che compare nell'espressione.

$$C = K \Phi I$$

Sembrerebbe anche conveniente escludere tutta la resistenza dell'eccitazione della dinamo, ma occorre por mente che all'avviamento la f.c.e.m. del motore da lavoro è nulla, e quindi anche se la tensione applicata al motore è debole, la corrente I che esso assorbe è rilevante. Aumentando la tensione, cioè escludendo r_1, la corrente che assorbirebbe il motore sarebbe tale da deteriorare il rotore: di qui la necessità che all'avviamento r, sia inclusa.

Man mano che il motore si avvia, conviene poi includere la resistenza di eccitazione del motore di lavoro, ed escludere quella dell'eccitazione della dinamo per portare il motore da lavoro alla velocità normale.

Per invertire il senso di rotazione del motore da lavoro, basta invertire o l'eccitazione del motore da lavoro o quella della dinamo.

In fine per ottenere un arresto rapido del motore da lavoro, basta togliere l'eccitazione della dinamo lasciando quella del motore. Questo continuando a girare per inerzia, funzionerà come una dinamo, ed essendo il rotore chiuso sull'indotto della dinamo D, la cui resistenza è piccola, l'azione frenante fra campo induttore e corrente indotta sarà molto energica.

La fig. 401 rappresenta la dinamo, i motori le linee elettriche per l'alimentazione degli argani a salpare della R. Nave « TRIESTE ».

La fig. 402 rappresenta le varie combinazioni che si possono effettuare per tali alimentazioni; combinazioni che garantiscono il funzionamento degli argani anche in caso di avaria di una macchina o di una linea.

157 — **Convertitori rotanti per proiettori**

Sulle Navi dove la tensione di esercizio dell'impianto elettrico è di 220 Volt è stato necessario sistemare appositi apparecchi riduttori di tensione, per alimentare i proiettori alla tensione di 110 volt.

Tale riduzione di tensione non potrebbe essere convenientemente effettuata mediante resistenze in serie con le lampade, perchè l'energia che in essa verrebbe dissipata sarebbe troppo rilevante. Si ricorre perciò ad appositi convertitori mediante i quali la riduzione di tensione viene effettuata con rendimento di gran lunga superiore.

Sulle Navi tipo « ANCONA » il convertitore è costituito da un motore alimentato a 220 V sul cui asse è calettata una dinamo a 110 V. L'eccitazione della dinamo è regolabile mediante un reostato comandato a distanza dalla stessa coffa dei proiettori in modo che la tensione può essere tenuta costantemente a 110 V a malgrado delle eventuali variazioni sulla rete.

Sulle Navi tipo « TRENTO » la riduzione di tensione da 220 a 110 V per la alimentazione dei proiettori, è effettuata pure con un complesso costituito da un motore e da una dinamo calettati sullo stesso asse, ma il funzionamento di tale complesso è diverso da quello degli ordinari gruppi convertitori. Esso non è costituito cioè da un motore a 220 volt che aziona una dinamo a 110 V, ma da due macchine entrambi per 110 V; calettate sullo stesso asse e collegate in serie fra di loro. (V. fig. 403). La linea di alimentazione dei proiettori è derivata su una delle due macchine. All'avviamento (circuito di utilizzazione aperto) le due macchine funzionano ambedue da motori ed essendo collegati in serie a ciascuno di esse risulta applicata la tensione di 110 V.

Quando il gruppo è in moto, se si chiude il circuito di alimentazione dei proiettori, diminuisce la corrente che percorre la seconda macchina, B, la quale tenderebbe perciò a rallentare; siccome però è rigidamente collegata alla prima, viene da questa trascinata e passa quindi a funzionare come generatrice. Il vantaggio del sistema stà nel fatto che le due macchine del complesso risultano di potenza circa eguale alla metà di quella che dovrebbero

LEGGENDA

A - Amperometri (sulla colonna di comando manipolatori argani).
C_1 - Commutatore delle combinazioni dell'argano.
C_2 - Manipolatori per comando, avviamento, regolazione dinamo D_3 - D_4 - Motori M_2 e M_3.
D_3 - D_4 - Dinamo del trasformatore rotante.
F - Elettromagneti per freno.
I_1 - Interruttore di massima corrente.
I_2 - Interruttore di massima corrente con comando a distanza.
I_3 - Commutatore a coltello.
M_1 - Motore del trasformatore rotante.
M_2 - M_3 - Motori dell'argano a salpare.
R_1 - Reostato d'avviamento motore trasformatore.
R_2 - Reostato d'avviamento dinamo D_3 D_4 (nelle posizioni 5 e 6 = Dinamo funzionanti da motore).
L_3 - Lampada spia (Il commutatore C_1 può essere messo sulle posizioni 3 - 4 - 5 - 6 solamente a lampada accesa e sulle posizioni 1 - 2 a lampada spenta).
Variante B - Possibilità della manovra contemporanea dei due argani in qualunque posizione del commutatore C_1.

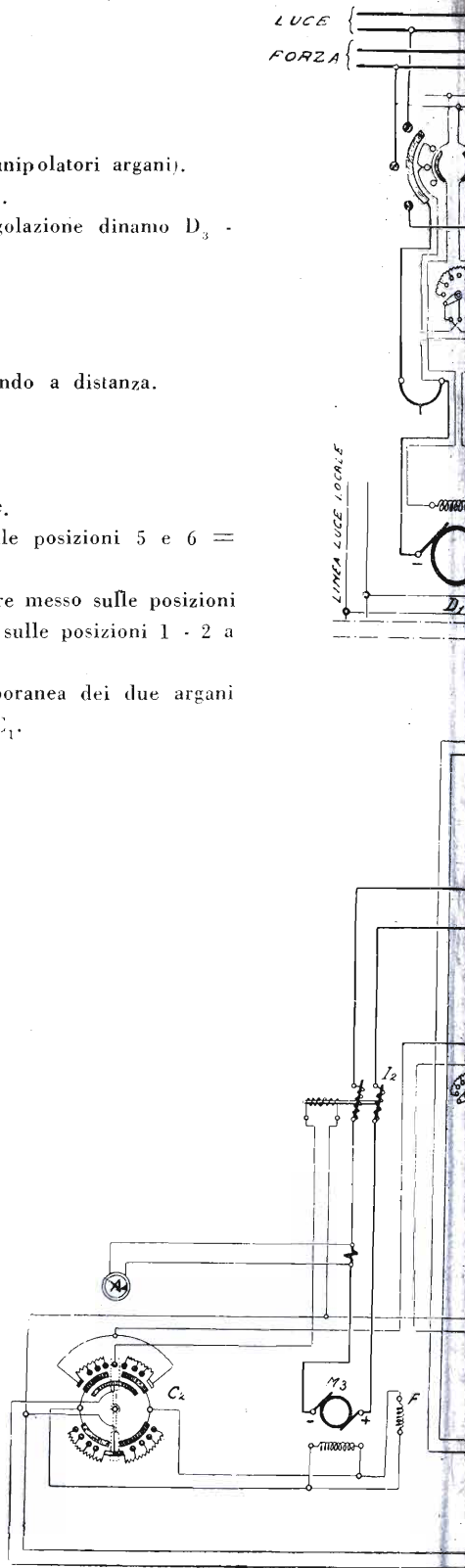


Fig. 401. — *Schema delle linee e p*

bili combinazioni per argani a salpare

avere se fossero solo meccanicamente accoppiate. Il peso, il costo, l'ingombro risultano quindi minori (1).

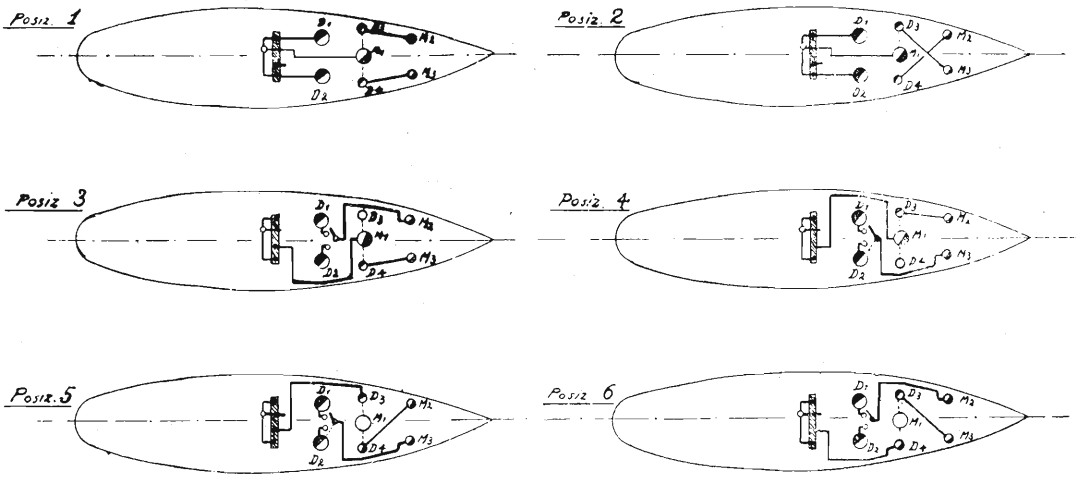


Fig. 402.
Possibili combinazioni per argani a scalpare

POSIZIONE 1 - Motore M_1 (trasformatore rotante) alimentato dalla linea argani - Motore M_2 con D_3 - Motore M_3 con D_4.

POSIZIONE 2 - Motore M_1 (trasformatore rotante) alimentato dalla linea argani - Motore M_2 con D_4 - Motore M_3 con D_3.

POSIZIONE 3 - Motore M_1 (trasformatore rotante) dalla linea forza prora - Motore M_2 con D_1 o D_2 - Motore M_3 con D_4 - Dinamo D_3 esclusa.

POSIZIONE 4 - Motore M_1 (trasformatore rotante) alimentato dalla linea forza prora - Motore M_2 con D_3 - Motore M_3 con D_1 o D_2 - Dinamo D_4 esclusa.

POSIZIONE 5 - Dinamo D_3 funzionante come motore e alimentata dalla linea forza prora Motore M_2 con D_4 - Motore M_3 con D_1 o D_2 - Motore M_1 escluso.

POSIZIONE 6 - Dinamo D_4 funzionante come motore e alimentata dalla linea forza prora - Motore M_2 con D_1 o D_2 - Motore M_3 con D_3 - Motore M_1 escluso.

---

(1) - Difatti - Detto η il rendimento complessivo del convertitore, siano V_1 ed I_1 la tensione e la corrente del gruppo V_2 e I_2 la tensione e la corrente nel circuito di utilizzazione. La potenza assorbita da questo circuito è:

$$Pu = V_2 I_2 + V_1 I_1 \eta$$

Quella erogata dalla dinamo è: $Pd = V_2 (I_2 - I_1)$ ma $I_1 = \frac{Pu}{V_1 \eta}$ quindi $Pd = Pu\left(1 - \frac{V_2}{V_1}\frac{1}{\eta}\right)$ Analogamente si troverebbe che la potenza sviluppata dal motore A è: $Pm = Pu - \frac{V_2}{V_1}\frac{1}{\eta}$. Poichè le due macchine sono uguali è $\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{2}$ quindi per $\eta = 1$ si avrebbe $Pd = Pm = - \frac{1}{2} Pu$. Così ad esempio, per i convertitori dei tipi « ZARA », dovendosi avere sulla linea di alimentazione 630 ampere al 110V. ossia 70 Kw circa, la potenza della dinamo, ammesso un rendimento complessivo = 0,89, risulta di 31 Kw.

Sulle Navi tipo « TRENTO » ogni convertitore alimenta due proiettori, esistono quindi a bordo due complessi essendo installati su queste navi quattro proiettori.

Le fig. 404 e 405 rappresentano rispettivamente lo schema di questi complessi e le connessioni esterne.

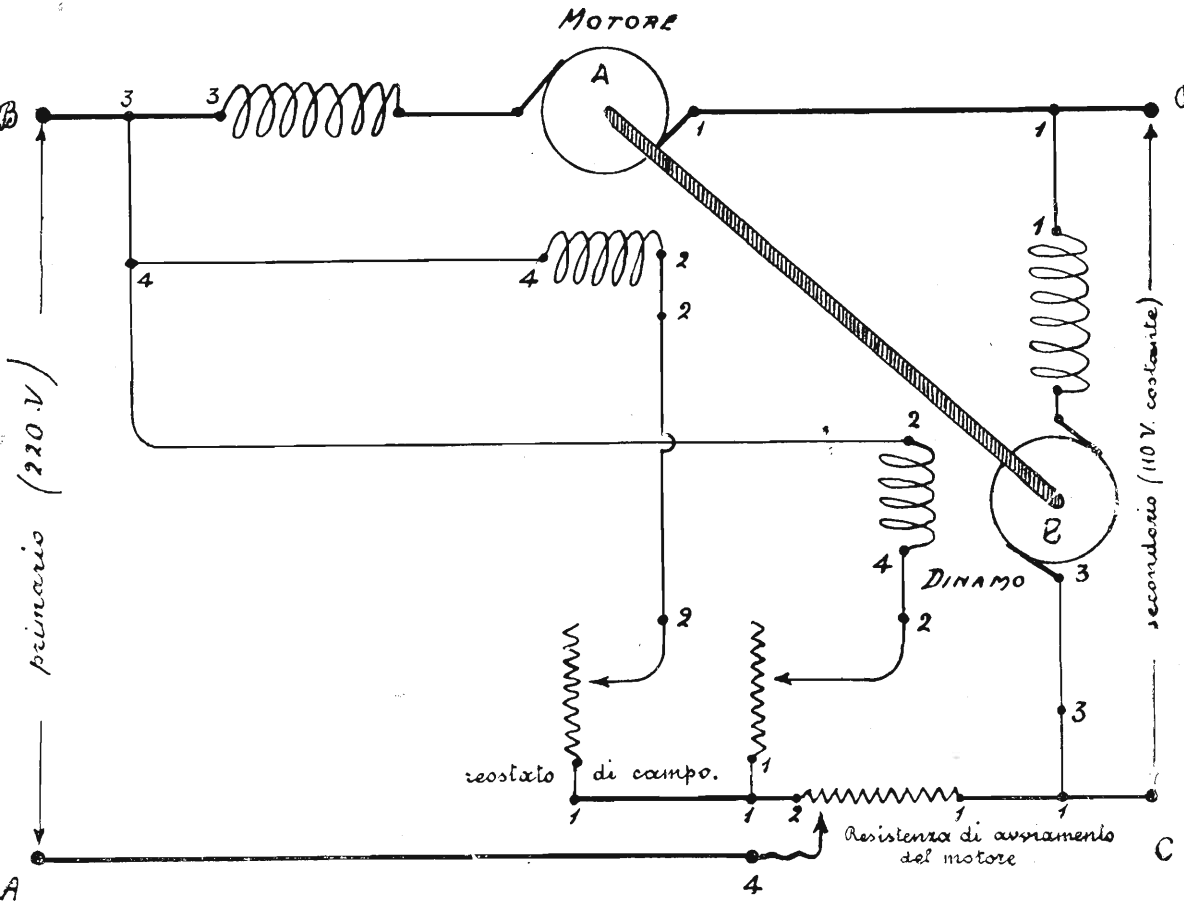


Fig. 403.

R. N. « Trento e Trieste » — Convertitore rotante per proiettori

§ 158 — **Manovra elettrica per il brandeggio dei tubi di lancio**

Per ottenere una velocità di brandeggio variabile entro vasti limiti si alimenta il motore di brandeggio con tensione variabile. Ciò si ottiene con un complesso formato da: (V. fig. 406).

a) Un convertitore rotante a corrente continua tipo chiuso, stagno, a 1700 giri circa costituito dal motore MC alimentato direttamente dalla tensione di bordo (110 V.), e dalla dinamo CC per tensione variabile da zero a 110 V. e con polarità invertibile.

b) Un motore di brandeggio ML.

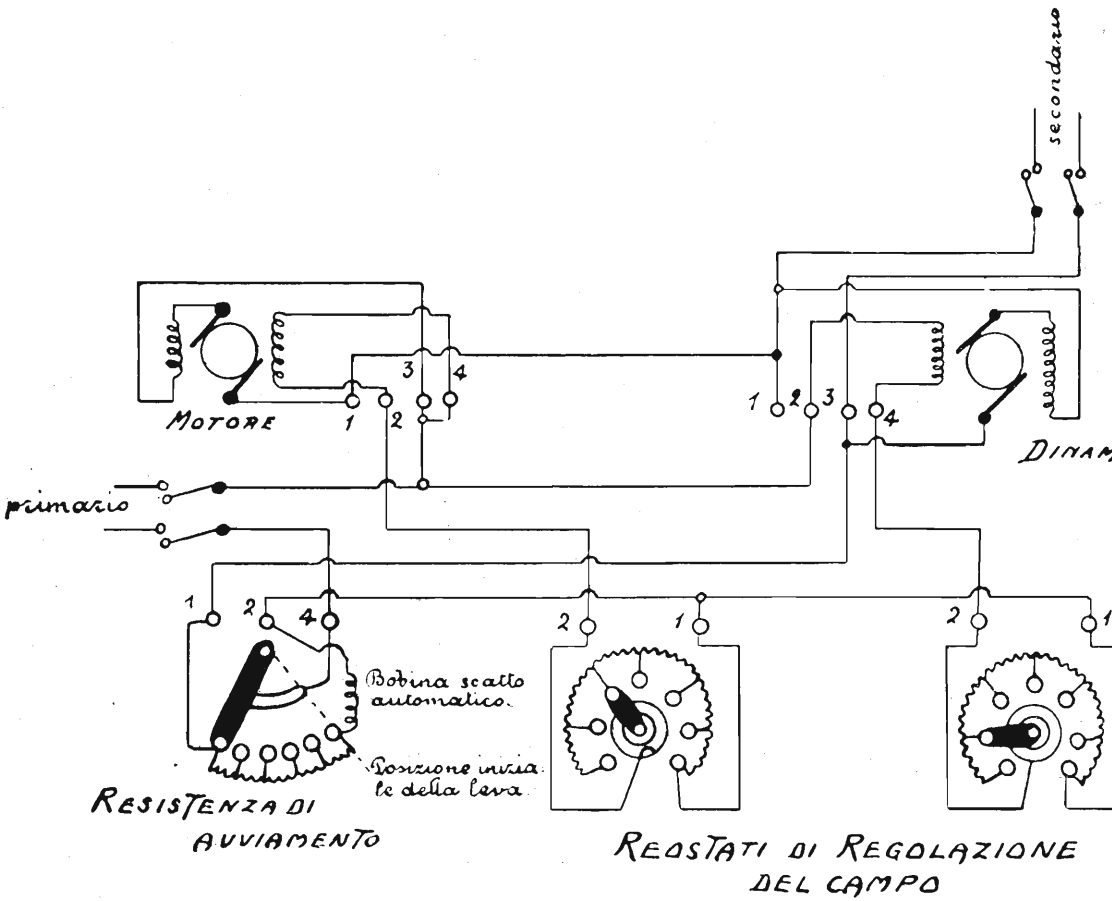


Fig. 404.

N. B. - All'avviamento disporre gli indici dei due reostati di regolazione sopra il segno rosso.

c) Un reostato R, con ritorno a zero automatico per l'avviamento del convertitore.

d) Un manipolatore di comando A, con relative resistenze di regolazione.

e) Un dispositivo di protezione del circuito dinamo del convertitore e motore di brandeggio, costituito dal relais di scatto S e dal relais di chiusura O.

Gli accessori *c*) ed *e*) sono tutti raggruppati su di un unico pannello racchiuso entro robusta scatola stagna munita di coperchio di visita.

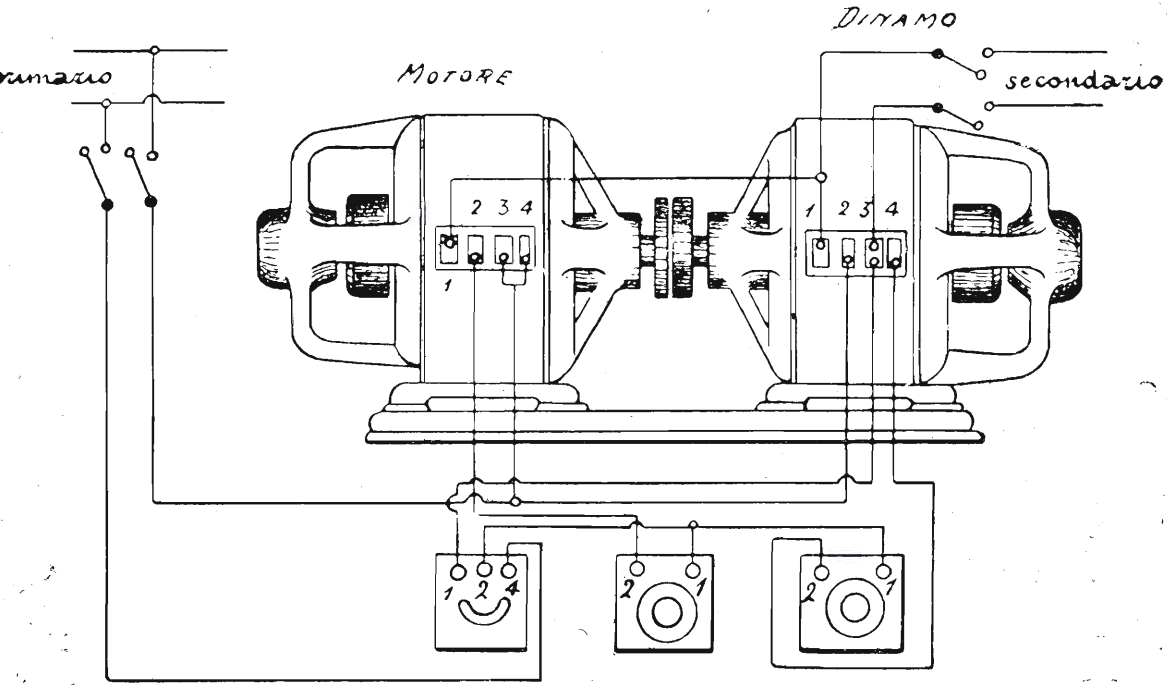


Fig. 405.

La dinamo CC è ad eccitazione indipendente, ed alimenta direttamente il motore di brandeggio ML. Per ottenere la rotazione di questo in due sensi, la eccitazione della dinamo come si è detto può essere invertita. La velocità di rotazione del motore ML viene variata sia influendo sulla eccitazione della dinamo e quindi sulla tensione applicata al motore, sia sull'eccitazione di quest'ultimo. La regolazione viene effettuata con manovra unica mediante il manipolatore A.

Il dispositivo di protezione del comma *e*) è così costituito: Il circuito di eccitazione della dinamo è chiuso dal contatto superiore di sinistra del relais di chiusura O, perciò quando il nucleo di tale relais è abbassato ed il contatto inferiore aperto, il circuito di eccitazione rimane aperto. In realtà, per evitare forti extracorrenti, il contatto inferiore non apre il circuito, ma interpone in

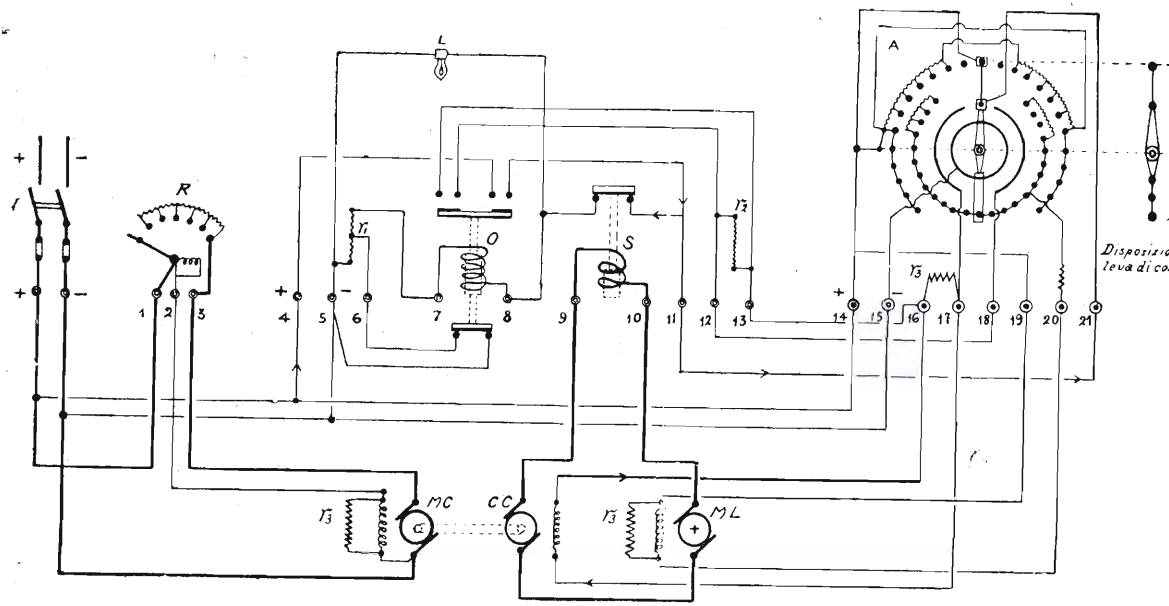


Fig. 406.

Schema del brandeggio elettrico per lancia-siluri per C. T. tipo Sella

LEGGENDA

M C - Motore del convertitore

G C - Generatore del convertitore

M L - Motore di lavoro

R - Reostato di avviamento del convertitore

O - Relais di chiusura

S - Relais di scatto

r_3 - Resistenza di protezione induttori generatore

r_2 - Resistenza di disinserzione induttore

r_1 - Resistenza addizionale relais di chiusura

L - Lampada spia del relais di regolazione

A - Manipolatore di comando con resistenza

esso una resistenza r_2, la quale è così elevata che riduce praticamente a zero la corrente di eccitazione.

Il relais di chiusura « O » è comandato da una bobina derivata sulla linea di alimentazione del complesso, il circuito di tale bobina è chiuso dal contatto superiore di destra del relais « O » e dal contatto del relais di scatto « S ». Questi due contatti sono in serie, basta perciò che uno di essi sia aperto perchè sulla bobina del relais « O » non passi corrente. La bobina del relais « O » può però essere alimentata anche per altra via e cioè, se la leva di comando A è in centro la corrente, che dal + di linea arriva al contatto superiore centrale del controller, attraverso la leva passa al secondo contatto superiore centrale quindi al serrafilo 21, a quello 11, e se il relais « S » è chiuso, arriva al negativo di linea attraverso la bobina del relais « O » anche se il contatto superiore di destra di questo è aperto.

Il relais « O » chiude i due contatti superiori ed apre quello inferiore quando è attraversato da corrente, se la corrente nella bobina manca, allora apre quelli superiori e chiude quello inferiore.

Il relais « S » è comandato dalla corrente assorbita dal motore e si apre quando questa oltrepassa determinati limiti.

Supposto allora che ciò accada (la leva di manovra non sarà certamente a zero), l'apertura di « S » fa cadere il relais ed apre i due contatti superiori di questi, con ciò la dinamo diseccita ed il ML si ferma. Il relais S si richiude appena la dinamo si è diseccitata, però il relais O non può, malgrado ciò, richiudersi perchè il contatto superiore a destra è aperto. Bisogna allora riportare la leva di manovra, così facendo, ed essendo chiuso S, il relais O, come si è visto, viene nuovamente messo sotto corrente e quindi i contatti superiori si richiudono e tutto torna nelle condizioni iniziali.

Il contatto inferiore del relais « O » serve per ottenere con più sicurezza la chiusura di questo: difatti con relais chiuso (contatto inferiore aperto), tutta la resistenza r_1 è in serie con la bobina del relais e la corrente che circola in quest'ultimo è appena quella necessaria per tenere alzato il nucleo; con relais aperto (contatto inferiore chiuso) invece una parte della r_1 è cortocircuitata in modo che quando si ristabilisce la chiusura del circuito della bobina, la corrente in questo è più forte del valore normale e determina un energico movimento del relais.

Una lampada spia L avverte quando avviene lo scatto del relais, basta allora riportare a zero il manipolatore, per ripristinare le condizioni normali e riprendere quindi la manovra.

§ 159 — **Condotta dei motori**

a) - MANUTENZIONE.

Valgono per i motivi le stesse norme date per la manutenzione e la verifica delle dinamo, dato però che essi generalmente lavorano in condizioni ambienti più sfavorevoli ad una buona conservazione, è necessario che le visite e le verifiche siano abbastanza frequenti.

Quando il motore è fermo, si verifica tanto che sia aperto il suo interruttore e quanto che la leva di comando sia a zero, che i conduttori volanti (se ne esistono) siano sospesi dai ponti, ed al riparo da possibili urti e dall'umidità ecc. In alcuni casi (ad esempio per i motori non di uso corrente) è conveniente sguarnire tali penzoli e conservarli; questi debbono però, essere opportunamente contrassegnati per ciascun motore.

Durante i giorni piovosi, durante i lavaggi e la pulizia dei locali, durante l'imbarco del carbone etc., bisogna coprire i motori, con cappe o con apposite custodie di lamierino. Queste coperture saranno però per i motori d'uso poco frequente, tolte spesso da posto per impedire che l'umidità si depositi nell'interno.

E' buona norma estendere simile protezione anche ai reostati di regolazione, sia per impedire ossidazioni, sia per impedire che possano introdursi nell'interno materie estranee e formarsi depositi di polvere o altro.

Lo stato di conservazione dei reostati deve essere continuamente sorvegliato: i blocchetti di contatto e le spazzole di contatto vanno spesso puliti e rettificati con tela smeriglio finissima.

Se le resistenze di avviamento sono unite alla linea ed ai motori con cavi multipli volanti, bisogna verificare la giusta posizione dell'innesto a due ed a cinque piuoli.

In questi innesti la posizione dei contatti va contrassegnata con segni +, —, e con le lettere S (circuito in serie), P (circuito in parallelo) S P estremità comune del circuito in serie e quello in parallelo, I I spazzole riportate sui maschi e sulle femmine.

Ciò facilita e rende più sicura la messa a posto dei penzoli.

Le spazzole nuove saranno fatte bollire per 4 o 5 ore nella vaselina: in tal modo si riesce a ridurre di molto lo scintillio ed a mantenere più pulito il collettore. Si formerà poi la superficie di contatto delle spazzole, nel modo detto per le dinamo, fasciando cioè il collettore con carta vetrata e facendovi scorrere sopra la spazzola.

Per i motori sistemati sul ponte di coperta e sulle tughe (montacarichi)

e quindi maggiormente esposti agli agenti atmosferici, è necessario curare che dopo ciascun periodo di pioggia siano scoperti, provati a vuoto e lasciati in moto per un certo tempo affinchè riscaldandosi eliminino l'umidità assorbita. La stessa avvertenza si avrà per i motori situati nei locali umidi (Pompe esaurimento).

b) Messa in moto.

Prima di mettere in moto un motore è necessario, per evitare gravi avarie, assicurarsi che non vi sia niente che ostacoli la rotazione e sopratutto che la macchina azionata dal motore sia nelle condizioni convenienti per l'avviamento. Si verificherà inoltre che in prossimità del mototre non vi siano oggetti (ad esempio, stracci, stoppa, recipienti per lubrificazione, chiavi, ecc.) che possano essere trascinati dal movimento dell'elettromotore, o della trasmissione.

Si riempiranno i lubrificatori ad olio e grasso e si verificherà il loro funzionamento.

Si verificherà lo stato del collettore, lo stato delle spazzole, la loro posizione sul collettore, i portaspazzole, ecc.

Dopo aver controllato che la leva del reostato di avviamento sia a zero, si chiuderà l'interruttore, e quindi si sposta gradualmente la leva di avviamento, nel senso opportuno escludendo resistenza man mano che la velocità aumenta, fino a raggiungere quella di regime.

Per i grossi motori esiste spesso in prossimità della leva di manovra un amperometro che indica la corrente assorbita dal motore, durante l'avviamento si manovrerà il reostato in modo che questa corrente non superi il valore consentito per il periodo di avviamento.

Per regolare la velocità del motore; si agirà sempre sul reostato di campo *mai su quello di avviamento*, poichè questo per le ragioni già esposte deve essere sempre totalmente escluso ad avviamento ultimato.

Se, muovendo la leva, il motore non si avvia, si deve subito riportare la leva nuovamente a zero senza insistere nell'esclusione del reostato che potrebbe essere pericolosa. L'avviamento sarà ripreso in questo caso dopo che siano state eseguite le opportune verifiche ed identificate le cause che lo ostacolavano.

CAPITOLO XXX

Suonerie ed apparecchi indicatori

§ 160 — **Suonerie elettriche**

IMPIANTI.

Anche le canalizzazioni delle suonerie elettriche e di tutti i circuiti a bassa tensione in genere, devono essere fatte con conduttori di andata e di ritorno, senza cioè servirsi dello scafo come ritorno; le linee devono essere convenientemente protette, specialmente se alimentano suonerie da adoperare durante il combattimento.

Le linee principali sono costituite da cavi multipli contenenti un numero di conduttori superiore a quello impiegato, onde avere disponibili per ogni linea alcuni fili di riserva con i quali si possa far fronte alla eventuale sostituzione di conduttori avariati o ad un eventuale aumento di utenti. In ogni cavo i vari fili sono protetti da rivestimento di colore diverso per ognuno di essi. E' bene che l'estremità dei conduttori che fanno capo ai serrafili delle cassette di derivazione siano distinti oltre che da questo diverso colore anche con cartellini recanti i numeri o le indicazioni relative al circuito cui appartengono.

Tutto l'impianto di alimentazione delle suonerie è fatto con cavo armato, valgono quindi per quanto riguarda i passaggi attraverso ponti e paratie, gli attacchi alle cassette di derivazione ecc., le stesse norme esposte per il montamento e la messa in opera delle linee a tensione normale. Fanno eccezione le derivazioni per i pulsanti situati negli alloggi le quali vengono di solito effettuate con conduttori a « cordoncino ».

Per le chiamate semplici sono usati bottoni di porcellana o « pere » in legno, per le chiamate multiple si fa uso di tastiere con bottoni d'osso, portanti le indicazioni delle varie chiamate.

Le suonerie che hanno più chiamate sono munite di quadro inidicatori.

Per l'alimentazione delle suonerie si adoperano batterie al ferro-nichel di 12 Volt.

Le batterie che alimentano le linee protette, sono sistemate in locali protetti.

Per la carica, la manutenzione e la sistemazione di queste batterie valgono le stesse norme relative alle batterie per la luce riserva (V. Cap. VII).

Gli impianti delle suonerie debbono essere tenute in efficienza curando scrupolosamente l'isolamento delle varie linee ed il funzionamento di quadri, dei pulsanti e delle suonerie.

PRINCIPALI AVARIE.

1°) *Agli apparecchi di chiamata:*

a) Premendo un pulsante il campanello non suona. Ciò può dipendere dalle seguenti cause:

Rottura delle connessioni del pulsante.
Serrafili mal stretti.
Linguette di contatto del pulsante ossidate, oppure interposizione fra di esse di qualche corpo isolante.

b) Il campanello suona anche senza premere il pulsante. Ciò dipende da:

Bottone del pulsante rimasto « incantato ».
Contatto fra i fili.
Contatto fra le linguette di un pulsante.

2°) *Avarie alle suonerie:*

Se il campanello non suona dipende da:

Rottura dell'avvolgimento delle bobine.
Connessioni mal fatte (rottura o allascamento dei serrafili, cattivi contatti).
Vite di contatto mal regolata (troppo stretta o troppo allascata).
Mancanza di platino alla vite di contatto (punta ossidata).

3°) *Avarie alla linea:*

a) Se il campanello suona senza premere il pulsante, ciò dipende da:
Contatti sulla linea.

b) Se il campanello non suona, premendo un dato pulsante, ciò dipende da:
Interruzione su di una deviazione.

c) Se il campanello non suona premendo qualsiasi pulsante, ciò dipende da:
Interruzione o corto circuito sulla linea principale di alimentazione.

4°) *Avarie sui quadri indicatori:*

a) Se non si alza un dato numero, ma suona un campanello, ciò dipende da:
Cattivo montamento del cartellino indicatore o da attrito del nottolino sul quale il numero è fissato.

b) Se non si alza il numero e non suona il campanello, ciò dipende da:
Rottura dell'avvolgimento della elettrocalamita.

c) Se si alza un altro numero invece dello stabilito, si hanno connessioni invertite.

d) Se si alzano altri numeri, oltre allo stabilito, ciò accade perchè:
Il quadro è male equilibrato (inclinazione del quadro, movimenti del bastimento ecc.).
Oppure esistono dispersioni fra i conduttori.

e) Se il numero torna ad alzarsi, dopo esser stato abbassato, il quadro è male equilibrato.

Per localizzare le avarie, si può procedere così:

1°) *Non suona il campanello.*

Si verifica se gli altri pulsanti fanno funzionare la suoneria, in tal caso si sarà certi che la avaria non dipende nè dalla batteria nè dal campanello, ma dal pulsante o dalla linea.

Eseguita la verifica del pulsante, se non si riscontra nessuna delle avarie elencate al N. 1 bisogna ricercare il guasto sulla linea.

Se la suoneria non funziona qualunque sia il pulsante premuto, bisognerà verificare la batteria e la suoneria e se queste sono in ordine ricercare l'avaria sulla linea di alimentazione principale dell'impianto.

2°) *Il campanello suona di continuo.*

Ciò può dipendere da avaria di qualche tasto, o da dispersioni.

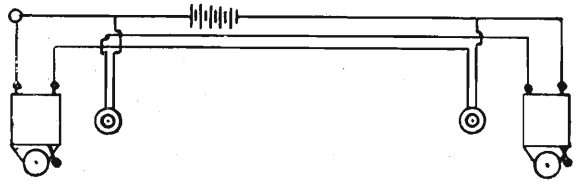
Se l'impianto è munito di quadro indicatore, si vedrà quale è il numero alzato e quindi si ricerca l'avaria nel tasto o sulla linea corrispondente a quel numero.

Negli impianti con chiamata unica senza quadri l'avaria è più facilmente localizzabile.

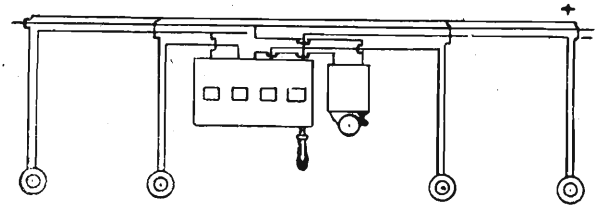
Se l'avaria non dipende dal tasto bisognerà ricercarla sulla linea, e ciò si farà visitando accuratamente tutte le cassette di derivazione sistemate lungo la linea avariata e provando tutti i conduttori. Le ricerche sono spesso lunghe e laboriose, ma una buona conoscenza dell'impianto, acquisita specialmente mediante frequenti misure di isolamento dei vari tronchi di ciascuna linea, fa sì che si possa sapere a priori quale è il tratto in cui più probabilmente esiste l'avaria e quindi orientarsi più facilmente nella ricerca.

SCHEMI DI MONTAMENTO.

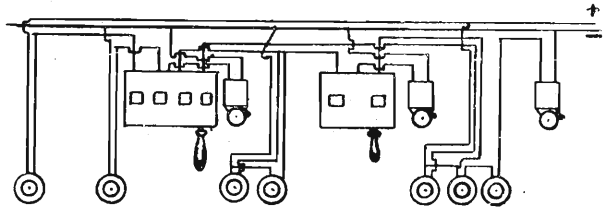
Le figure qui riportate rappresentano alcuni degli schemi elementari per impianti di suonerie.



Impianto di due suonerie con chiamata reciproca



Suoneria a chiamate multiple e quadro indicatore



Impianto multiplo con quadri indicatori

INDICATORI DI SOPRAELEVAZIONI DI TEMPERATURA. (Avvisatori d'incendio).

Per avvisare il personale di guardia nei ponti superiori delle eventuali sopraelevazioni di temperatura nei depositi delle munizioni, è usato sulle nostre Navi, un impianto di campanelli di allarme (Shöpper).

Il circuito elettrico è simile a quello di una ordinaria rete di suonerie con quadri indicatori; lo strumento che prende il posto del pulsante è uno speciale interruttore termico costituito in genere da una lamina metallica ingobbata, la cui ingobbatura varia con la temperatura in seguito alla dilatazione che il metallo subisce.

Vari tipi di shöpper sono stati introdotti in servizio. In alcuni la dilatazione della laminetta chiude il circuito elettrico della suoneria, altri invece sono così costituiti: la laminetta a temperatura normale tien chiuso un circuito derivato sulla suoneria, in modo che la corrente che attraversa questa

ultima non sia sufficiente a farla funzionare. Se la temperatura aumenta, la laminetta si ingobba e si distacca da un apposito contatto interno determinando l'apertura del circuito derivato sulla suoneria; la corrente in questa perciò aumenta e la fa entrare in funzione.

La fig. 407 rappresenta un apparecchio del primo tipo.

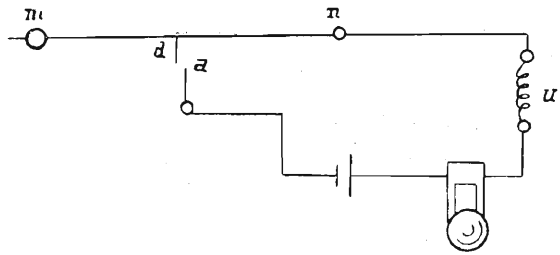


Fig. 407.

La distanza fra la membrana e l'altro contatto fisso viene regolata in base alla temperatura a cui si vuol far funzionare l'avvisatore. La regolazione viene effettuata, per alcuni apparecchi, spostando un indice situato su di un quadrante dove sono indicati i gradi di temperatura che per ogni posizione dell'indice corrisponde all'entrata in funzione dell'avvisatore. Questi strumenti devono essere situati sul cielo dei locali, nei punti più vicini alle fonti calorifiche prossime ai depositi, e nelle zone dove è più facile che l'aria si stagni. In ogni locale ve ne deve essere un numero proporzionato alle sue dimensioni, disposti in parallelo fra loro. In media si adopera un avvisatore ogni 6 m^3. La temperatura alla quale sono regolati gli apparecchi è in generale di 35°.

L'elettromagnete *u* quando il circuito viene chiuso dall'avvisatore, fa comparire in apposito quadro indicatore, il numero del locale o del deposito dove si è verificata la sopraelevazione di temperatura ed in generale anche il numero della saracinesca e del kingston da manovrare per allagare il locale.

Generalmente per ogni deposito si ha un quadro indicatore con una campana o sirena d'allarme sistemati in batteria.

Il funzionamento di questi apparecchi è assai delicato. Particolare cura va posta nella taratura di ciascun avvisatore confrontando con un termometro che l'entrata in funzione dell'avvisatore, corrisponda per una determinata posizione dell'indice, al valore di temperatura segnato sul quadrante. Le vibrazioni producono facili sregolazioni; infiltrazioni di acqua e di olio dànno luogo sovente ad intempestivo funzionamento degli avvisatori.

La verifica che deve essere eseguita mensilmente si effettua ponendo l'indice sul quadrante, alla temperatura del locale e controllando il funzionamento della campana e del quadro indicatore.

§ 161 — Contagiri elettrici

CONTAGIRI MOLINARI (Figg. 408 e 409).

L'indicatore Molinari, è applicato a bordo per segnalare in varii punti (plancia, locali macchine, camera d'ordini, ecc.) il numero di giri al minuto primo di ciascun asse delle motrici.

Le indicazioni dell'apparecchio non sono continue per cui il numero di giri segnalato non è il valore instantaneo, ma quello medio riferito ad un intervallo di 10 secondi. In altre parole il valore indicato dall'apparecchio rappresenta il numero di giri al minuto primo ricavato come media del numero di giri compiuto in un intervallo di 10 secondi.

Il « trasmettitore » è composto di un orologio regolatore e di un apparecchio di contatto collegato all'asse di cui si vuol indicare il numero di giri. La tensione di alimentazione dell'installazione, di 18 volts, è ottenuta mediante accumulatori o apposito devoltatore.

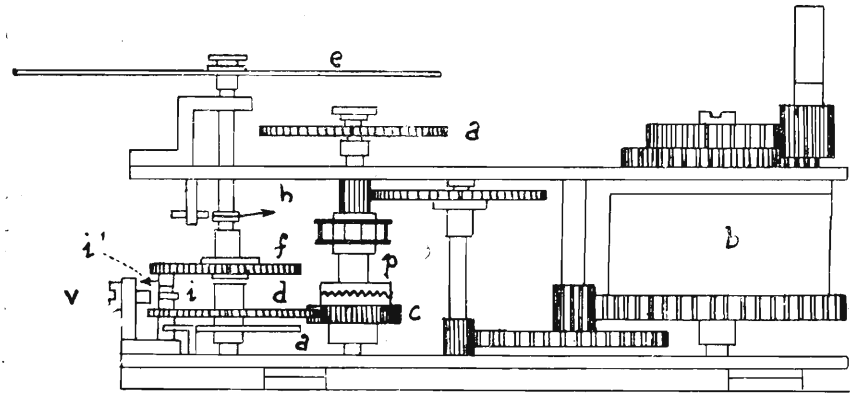


Fig. 408.

L'orologio regolatore è un orologio ordinario al quale è aggiunto un alberetto che, a mezzo di ruota dentata ingrana con l'asse dei minuti secondi, in modo da compiere un giro ogni 12 secondi. L'alberetto porta un braccetto munito di una spazzola di contatto che striscia su di un disco di ebanite, sul quale sono riportati tre settori metallici isolati tra loro. L'ampiezza angolare dei settori è tale che su di uno la spazzola fa contatto per la durata di 10 secondi e su ciascuno degli altri due per la durata di un secondo circa; i settori sono elettricamente collegati a tre serrafili fissati sul disco di ebanite.

L'apparecchio di contatto è costituito da due spazzole contigue fisse ed isolate fra di loro, che scorrono su di un cilindro isolante, sul quale sono

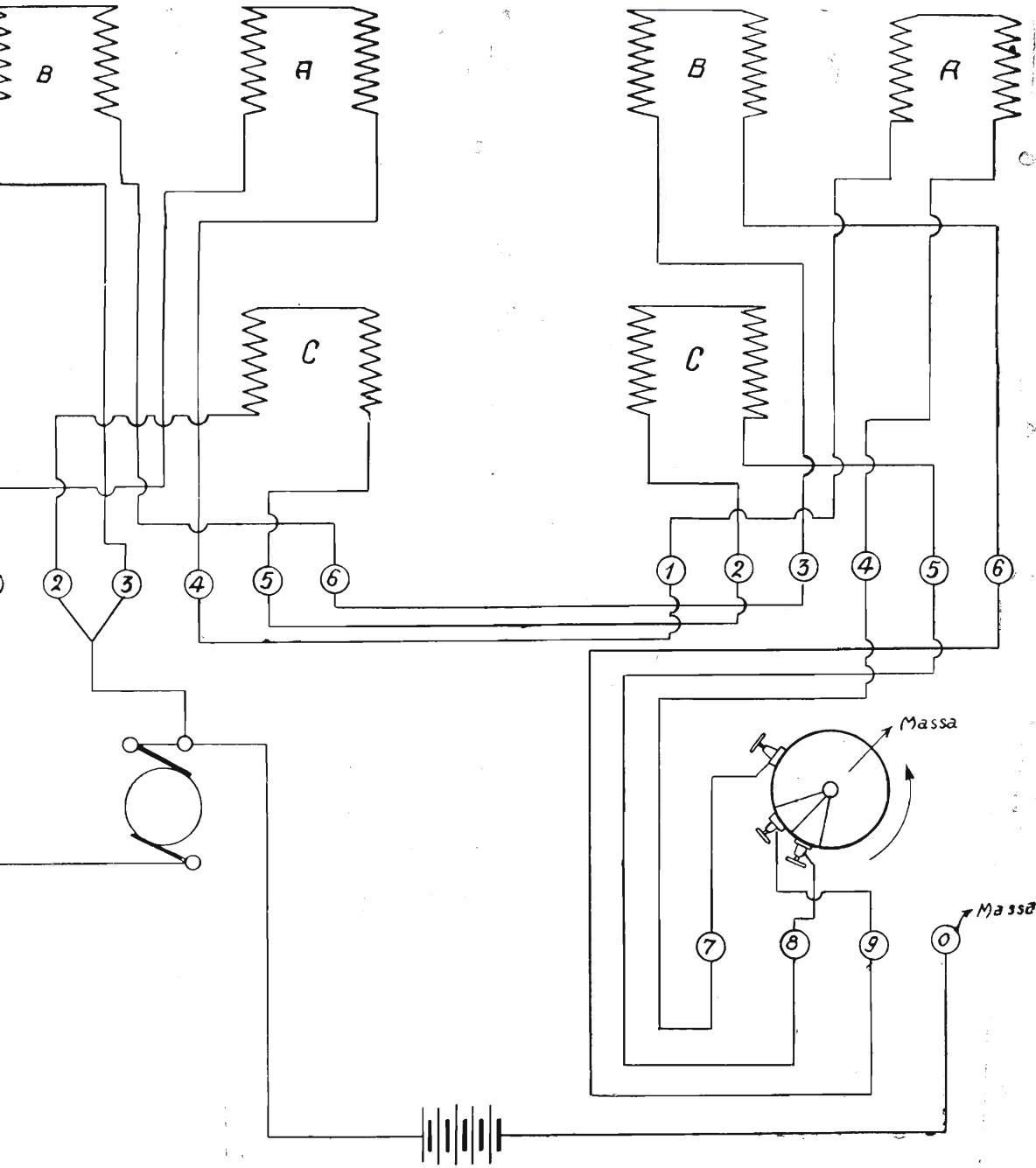


Fig. 409.

disposte sei piastrine di contatto a 60° fra loro. Questo cilindro è portato da un albero che mediante ingranaggi riceve movimento di rotazione dall'asse dei propulsori e compie lo stesso numero di giri. Ogni volta che nella rotazione una delle tre piastrine passa sotto la spazzola chiude il contatto fra di esse; si hanno quindi ad ogni giro dell'albero sei chiusure.

Ogni trasmettitore comanda varii indicatori. Questi ultimi contengono tre elettrocalamite, un congegno di orologeria e sono chiusi da un quadrante graduato nel quale scorre un indice.

Le elettrocalamite A di tutti gli indicatori (nelle figg. 408-409 sono indicati due soli ricevitori) sono disposte in serie fra loro e collegate da una parte col serrafili 7 dell'orologio connesso al settore di contatto della durata di 10 secondi, e dall'altra ad una delle spazzole dell'apparecchio di contatto. L'altra spazzola di questo è collegata ad uno dei capi del circuito di alimentazione di cui l'altro capo è a sua volta connesso con il contatto strisciante del disco dell'orologio. Le bobine A sono perciò percorse da corrente solo quando le due spazzole dell'apparecchio di contatto sono chiuse attraverso uno dei sei contatti del cilindro comandato dall'asse, e contemporaneamente il contatto strisciante dell'orologio si trova sul settore di 10 secondi. Si capisce allora che ogni 10 s si hanno tanti impulsi di corrente nella bobina A quanti sono i giri compiuti in quel periodo dall'asse dei propulsori, moltiplicati per sei.

Ad ogni impulso di corrente le elettrocalamite A, vincendo la tensione di una molla antagonista, attraggono un'ancoretta che mediante un sistema di leve fa muovere un nottolino di scappamento, il quale morde nei risalti della ruota (fig. 408).

Questa ruota tende a ruotare per effetti di ingranaggi comandati dalla molla interna del tamburo *b* del congegno di orologeria, ma è trattenuto dal nottolino di scappamento e quindi finisce con lo spostarsi di un dente solo per ogni movimento di quest'ultimo.

L'asse della ruota di *a* è connesso mediante sistema di ingrana e sgrana all'asse della ruota dentata *c* che a sua volta ingrana con la ruota *d* (gli ingranaggi sono tali che ad un giro di *a* corrisponde un giro di *d*). Quest'ultima è munita di un piolo *i* il quale quando scontra il piolo *i* portato dalla ruota *f* trascina anche questo in movimento. Sull'asse della ruota *f* è fissato un indice che scorre su di un quadrante graduato. Una molla a spirale tende a riportare la ruota e l'indice sempre alla posizione di zero. Anche sull'asse della ruota *c* agisce una molla che tende a riportare tanto *c* quanto *d*, che è ingranato con *c* alla posizione di riposo, cioè con il piolo *i* della ruota *d* a scontrare contro l'arresto a vite. Le elettrocalamite B di tutti gli indicatori, sono anch'esse collegate in serie fra loro. Un estremo è connesso ad un polo della

sorgente elettrica, l'altro con uno dei settori di contatto della durata di 1 s, e poi per mezzo della spazzola, con la massa dell'orologio e con l'altro polo della sorgente. Le bobine B comandano un'àncora che manovra un nottolino di arresto della ruota *f* la quale, come è stato detto, tenderebbe a ritornare per effetto della molla a zero. Il nottolino impedisce alla ruota di tornare indietro sotto l'effetto della molla, ma non ostacola il movimento in senso opposto. Quando l'elettrocalamita B è eccitata il nottolino rientra lasciando libera la ruota. Le elettrocalamite C, anche in serie tra loro, sono da un lato in comunicazione con un polo della sorgente, dall'altro con l'altro settore di contatto, (durata 1 s), e poi mediante la spazzola con la massa e l'altro polo della sorgente. Esse comandano un'ancoretta la quale manovra una leva che sgrana l'accoppiatoio *p* comprimendo la molla spirale *r*. La ruota *c*, quando è sgranata, trasporta la ruota *d* in posizione di riposo, cioè con il piolo *i* a scontrare con l'arresto a vite.

Il funzionamento dell'apparecchio è quindi il seguente. Durante i 10 s in cui il settore grande rimane a contatto con la spazzola dell'orologio si ha nelle bobine A un numero di impulsi di corrente corrispondente alla media del numero di giri al minuto in questo intervallo di tempo. Ad ogni impulso la ruota *a* scatta di un dente; poichè l'accoppiatoio *p* è ingranato, anche la ruota *d* compie un'eguale rotazione e se supponiamo che inizialmente i pioli *i* ed i^1 erano a contatto, anche la ruota *f*, e quindi l'indice del quadrante si sposta di un'egual quantità. Dopo 10 s l'orologio interrompe la comunicazione delle elettrocalamite A e chiude invece il circuito delle elettrocalamite B che, attraendo l'ancoretta, sollevano per un istante il nottolino della ruota dell'indice, lasciandola libera. Il sollevamento del nottolino non produce alcun effetto, poichè i pioli *i*, i^1 come abbiamo supposto sono a contatto.

L'orologio chiude in seguito il circuito dell'elettrocalamita la quale sgrana l'accoppiatoio, ed allora la ruota *c*, e con essa quella *d* ritornano indietro fino a che il piolo *i* della ruota non venga ad urtare contro l'arresto a vite. La ruota *f* fermata dal nottolino, non si muove, e quindi l'indice segna sul quadrante l'indicazione del numero dei giri.

In seguito, l'orologio chiude il circuito delle elettrocalamite A e si iniziano così nuovamente le varie fasi ora accennate, con la differenza però che il piolo *i* della ruota *d* non trascina fino all'inizio del movimento quello i^1 della ruota *f* non essendo a contatto con esso; ma lo trascina nel solo caso che i giri dell'albero, in questo secondo intervallo di 10 s, siano aumentati. Se invece il numero di giri è diminuito, il piolo *i* della ruota *d* alla fine della prima fase, non arriva a contatto di quello i^1 della ruota *f* e perciò quando il nottolino lascia libera la quota *f*, questa ritorna indietro, fino a portare i

due pioli a contatto, si vede quindi che tanto in un caso che nell'altro l'indice è portato all'indicazione corrispondente al nuovo numero di giri.

I primi tipi di contagiri Molinari, ancora in servizio su alcuni tipi di navi, davano il valor medio dei giri in un intervallo di tempo di 20 s anzichè di 10 s. Il funzionamento era identico, si avevano però tre soli contatti a 120° sul cilindro mosso dall'albero invece di sei, e la durata dei contatti della spazzola comandata con l'orologio con i vari settori del disco erano di 20 s 2 s 2 s anzichè 10 s 1 s 1 s, un'intera rotazione del disco corrispondeva cioè a 24 s anzichè a 12 s.

CONTAGIRI AD INDICAZIONI CONTINUE.

Sono di vari tipi e servono ad indicare con continuità il valore istantaneo del numero di giri degli alberi delle eliche.

Contagiri tipo A.E.G. (R. N. Ancona). — Ad ogni asse porta elica è accoppiato ad ingranaggi un apparecchio trasmettitore che comanda gli apparecchi ricevitori.

L'impianto funziona a corrente alternata monofase a 50 V. e 50 presa dalla rete a corrente alternata a 220 V. e ridotta a 50 V. per mezzo di un trasformatore.

L'apparecchio trasmittente è costituito da un supporto anulare con due sporgenze verso l'interno le quali servono a portare due rocchetti alimentati dalla corrente alternata monofase a 50 V e 50 periodi. Le sporgenze che costituiscono il nucleo dei due rocchetti terminano con due espansioni fra le quali può ruotare un « tamburo » che porta tre rocchetti disposti radialmente e collegati a triangolo fra loro.

Si ha così un sistema induttore fisso ed un indotto mobile; l'intraferro fra i due sistemi è molto piccolo. L'asse del tamburo metallico ruota su cuscinetti a sfere; la rotazione però è limitata da due molle antagoniste a spirale di effetto contrario (per i due sensi di rotazione) montate ad una estremità del tamburo. L'altra estremità del tamburo è posta fra le espansioni di una ruota magnetica formata da 8 magneti a ferro di cavallo.

L'asse di questa ruota montata su cuscinetti a sfere, è accoppiata mediante ingranaggi all'asse porta eliche. Tutto il sistema è racchiuso in una cassa di ghisa a tenuta stagna e facilmente accessibile.

Il sistema ricevitore è composto di un induttore a corrente alternata uguale a quello dell'apparecchio trasmittente, nel cui interno ruota un tamburo anch'esso recante tre rocchetti i quali sono elettricamente collegati ai tre rocchetti dell'indotto dell'apparecchio trasmittente. (Fig. 410).

Il funzionamento quindi è il seguente:

La corrente alternata di eccitazione genera nei tre rocchetti dell'indotto trasmittente una f.e.m. il cui valore dipende unicamente dalla posizione che i tre rocchetti hanno rispetto al sistema induttore. Lo stesso avviene anche nel rotore dell'apparecchio ricevente.

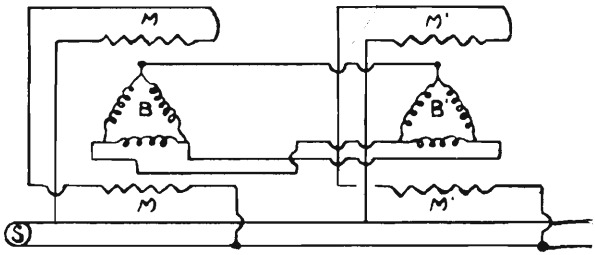


Fig. 410.

Se quindi il rotore del trasmettitore e quello del ricevitore hanno rispetto agli induttori la stessa posizione, anche le f.e.m. indotte nei loro avvolgimenti hanno il medesimo valore, e conseguentemente i conduttori che uniscono gli avvolgimenti dei due rotori non sono percorsi da corrente. Se il rotore del trasmettitore si sposta, uguale spostamento dovrà avere anche quello del ricevitore perchè a causa dello spostamento avvenuto sarà turbato l'equilibrio delle f.e.m. indotte e si avrà perciò nel circuito che collega gli indotti e negli indotti stessi una corrente differenziale che farà ruotare l'indotto del ricevitore fino ad assumere la stessa posizione del rotore del trasmettitore, in questa posizione si ristabilisce l'equilibrio delle f.e.m. indotte e cessa la corrente e con essa la rotazione del ricevitore.

Lo spostamento del tamburo del trasmettitore è prodotto dalla rotazione di una ruota magnetica, il cui numero di giri è proporzionale al numero di giri dell'asse portaeliche, e che tende a trascinare con sè il tamburo stesso creando così un momento deviatore equilibrato dall'opposto momento dovuto alla molla antagonista. Aumentando o diminuendo il numero dei giri dell'albero dell'elica, varierà di conseguenza il numero dei giri della ruota magnetica e quindi il momento deviatore del tamburo trasmittente, il quale raggiungerà una posizione di equilibrio diversa.

Dato l'effetto sincronizzante esistente fra il tamburo trasmettitore e ricevitore quest'ultimo avrà uno spostamento uguale a quello del primo.

I ricevitori sono apparecchi a muro. L'apparecchio propriamente detto è contenuto in una cassetta stagna di ghisa con coperchio di vetro. Collegato al

rotore vi è un indice che si muove su di un quadrante graduato per l'indicazione del numero dei giri. Lo « O » della graduazione è al centro e lo spostamento dell'indice da una parte o dall'altra della scala rispetto allo « O » indica la marcia in un senso o nell'altro.

I ricevitori nei posti di Comando (Plancia, Torretta) sono muniti di illuminazione elettrica interna. Per la illuminazione interna serve una piccola lampadina ad incandescenza facilmente sostituibile, la quale è inserita in parallelo sul circuito di eccitazione, evitando così l'impiego di un cavo apposito per la illuminazione dell'apparecchio.

Sistema automatico d'allarme, per velocità superiore ai 420 giri. — Tale sistema consiste nell'impiego di due ricevitori a corrente alternata il cui funzionamento è in tutto simile a quello innanzi descritto per i comuni ricevitori.

L'asse del rotore dei ricevitori, anzichè dare movimento ad un indice dà movimento ad un contatto strisciante il quale nella sua posizione estrema, chiude il circuito di un relais. La chiusura del relais determina a sua volta la chiusura della suoneria d'allarme corrispondente.

Particolari nella disposizione dei circuiti. — Gli avvolgimenti eccitatori di tutti i sistemi sono collegati in parallelo come pure in parallelo sono gli avvolgimenti dei rotori dei sistemi raggruppati; (Fig. 400).

Ogni apparecchio ha cinque serrafili: ai due serrafili estremi (1 e 5) fa capo il circuito eccitatore; mentre i tre serrafili interni servono a collegare i circuiti dei rotori.

Ogni sistema ricevente è protetto da cinque valvole fusibili da un amp.; l'avvolgimento eccitatore di ogni sistema trasmittente è protetto da due valvole fusibili da un amp. Nella cassetta centrale di derivazione vi sono le due valvole principali da 10 amp.

Nella fig. 400 sono rappresentati schematicamente i collegamenti degli apparecchi.

Manutenzione. — L'operazione più delicata da compiersi durante la manutenzione è la regolazione del tamburo. Nel caso che le indicazioni degli apparecchi riceventi non corrispondano esattamente al numero dei giri dell'asse, occorre rettificare la posizione del tamburo dell'apparecchio. Tolta la vite di arresto dell'anello di regolazione, mediante apposita chiave si gira l'anello stesso verso destra o verso sinistra a seconda che il numero di giri è minore o maggiore di quelli effettivi.

In tutte quelle visite o riparazioni nelle quali occorre togliere il rotore dal suo alloggio (per esempio visita o ricambio del cuscinetto a sfere interno) si deve togliere prima il sistema a corrente alternata e poi il tamburo.

Perciò dopo aver tolta la difesa dell'apparecchio si svita l'anello di arresto, dopo di che si può sfilare dal suo alloggio tutto il sistema suddetto svitando le otto viti che lo fissano al coperchio. Durante questa operazione è necessaria la massima accortezza; anzitutto bisogna proteggere il tamburo durante lo sfilamento da qualsiasi urto e deterioramento di qualsiasi genere, in quantochè dato il piccolissimo traferro esistente fra tamburo ed induttore basta la minima deformazione per inutilizzare l'apparecchio.

In generale la manutenzione ordinaria dei trasmettitori si riduce ad una accurata sorveglianza della lubrificazione dei cuscinetti. Per togliere il materiale lubrificante consumato, si apre di tanto in tanto il piccolo rubinetto di scarico fissato sotto l'apparecchio.

Contagiri Horn. — Comprende un apparecchio trasmettitore, e più apparecchi riceventi, situati in vari locali.

Il trasmettitore, consiste in una piccola dinamo ed i ricevitori sono costituiti da strumenti di misura (voltmetri) opportunamente adattati.

La carcassa della dinamo, è assai grande rispetto all'indotto per ragioni costruttive, dovendo in essa essere contenuti i ruotismi moltiplicatori del numero di giri, e per ragioni magnetiche, poichè il campo induttore deve essere intenso ed uniforme.

L'indotto della dinamo, riceve movimento dall'asse di cui si vuol misurare il numero di giri mediante catena Galles e corone dentate, con moltiplicazione del numero di giri. Gli induttori sono costituiti da due magneti permanenti.

Poichè come è noto, la f.e.m. di una dinamo è espressa dalla relazione

$$E = \frac{2p}{2A} \cdot \frac{N n}{60} \cdot \Phi \cdot 10^8$$

dove:

$2p$ - Il numero dei poli
$2A$ - Il numero delle vie interne
N - Il numero dei fili di indotto
Φ - Il flusso dovuto a ciascun polo
n - Il numero dei giri dell'indotto al minuto primo.

Poichè il flusso Φ dovuto ai magneti permanenti è costante, la f.e.m. generata, risulta direttamente proporzionale secondo una costante K, al numero dei giri dell'indotto stesso, onde abbiamo:

$$E = K n$$

Il numero dei giri dell'indotto n, è però un multiplo, secondo il rapporto della trasmissione meccanica, del numero dei giri compiuti dall'albero al minuto primo, e quindi è anche

$$E = K_1 n_1$$

Essendo K_1 una nuova costante nella quale è tenuto conto anche del rapporto della trasmissione.

Le deviazioni degli indici dei volmetri che costituiscono i ricevitori essendo proporzionali alle f.e.m. E, risultano pertanto proporzionali anche al numero di giri n_1, si può quindi graduarne i quadranti direttamente in giri anzichè in volt.

Ogni apparecchio indicatore, dovendo segnare, a seconda del senso di rotazione dell'indotto, i giri in un senso o nell'altro (avanti o indietro) ha l'indice in centro nella posizione « O », asse fermo; sul lato destro di chi lo guarda, marca i giri in avanti, e sul sinistro, quelli indietro.

L'indice dei ricevitori non è fissato direttamente all'equipaggio mobile, come nei comuni volmetri, ma riceve movimento da questo mediante un sistema meccanico moltiplicatore ad ingranaggi. Ciò permette di aver spostamenti angolari molto ampi e quindi scale molto chiare e di facile lettura.

Entro la carcassa della dinamo, avanti alla portella di visita del collettore, vi è oltre ad una valvola fusibile di protezione anche un piccolo potenziometro che serve per apportare eventuali correzioni a tutti gli indicatori. Per correggere poi le indicazioni di un solo indicatore, ognuno di essi è munito a sua volta di un altro potenziometro simile.

Come manutenzione è da raccomandarsi, oltre ad una frequente verifica dell'isolamento delle linee, anche di mantenere ben pulito il collettore della dinamo.

§ 162 — **Telegrafi di macchina**

I telegrafi di macchina sono apparecchi che servono per trasmettere gli ordini relativi alle varie andature di macchina. Tali apparecchi sono sistemati nelle stazioni di comando (plancia, torre corazzata, camera d'ordini, etc.) e nei locali macchine. Gli ordini trasmessi dalle stazioni di comando alle macchine vengono dai locali macchine ripetuti alle stazioni di comando in modo da garantire la giusta ricezione.

Su alcune Navi ex tedesche (tipo Ancona), sono installati telegrafi di macchina funzionanti con corrente alternata monofase a 50 V., 50 periodi fornita

da appositi alternatori, a 220 V., 50 periodi, e successivamente ridotta a 50 V. mediante un trasformatore in discesa.

L'inserzione del trasformatore offre il vantaggio di separare elettricamente l'impianto dalla rete di distribuzione dell'energia elettrica alternata a 220 V., in tal modo un'avaria od un difetto di isolamento nelle reti di distribuzione, non porta nessuna conseguenza sul funzionamento degli apparecchi.

Il ricevitore in questi telegrafi è costituito da due bobine fra le espansioni delle quali si muove un tamburo di rame T (fig. 411) di forma tale che quando esso ruota intorno al proprio asse la superficie sotto un'espansione aumenta mentre quella sotto l'altra diminuisce della stessa quantità.

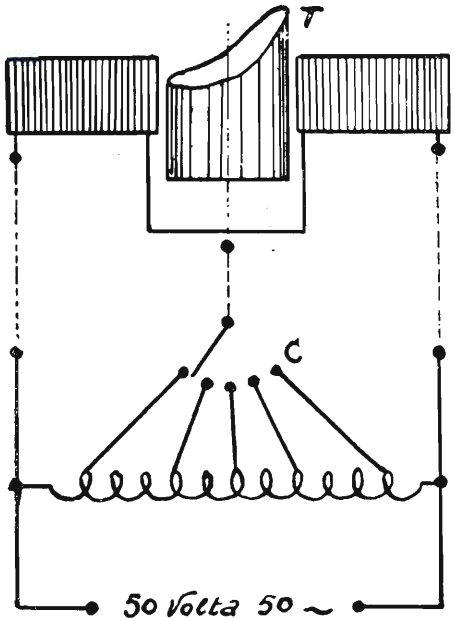


Fig. 411.

Il « Trasmettitore » è costituito da una bobina derivata sulla tensione di alimentazione di 50 V. a 50 periodi, e sulla quale sono fatte tante derivazioni quanti sono gli ordini da trasmettere. Ciascuna derivazione fa capo ad uno dei blocchetti appartenenti alla corona di contatto « C » sulla quale scorre un contatto a spazzola. La fig. 438 bis rappresenta schematicamente un trasmettitore ed un ricevitore con le loro connessioni; da questa si vede che il trasmettitore funziona da ripartitore delle tensioni applicate ai capi di ciascuna delle bobine del ricevitore; ad ogni posizione della spazzola di contatto corrisponde

difatti una diversa ripartizione della tensione totale fra le due bobine. Le correnti parassite indotte nella massa di rame del tamburo di ciascuna bobina, reagendo con il flusso induttore, creano un momento di rotazione; il senso degli avvolgimenti delle bobine è tale che i momenti creati da ciascuna di esse siano l'uno di senso opposto all'altro.

Ciò posto supponiamo che la tensione sia ugualmente ripartita ai capi di ciascuna bobina (trasmettitore in centro e quindi 25 V ai capi di ciascuna bobina) e che la superfice che il tamburo di rame presenta sotto ciascuna espansione sia uguale; in queste condizioni i momenti di rotazione a cui è sottoposto il tamburo sono uguali e contrari e quindi esso rimane fermo. Spostando le spazzole di contatto del trasmettitore in un senso o nell'altro, la tensione applicata ai capi di una bobina aumenta e quella ai capi dell'altra diminuisce, il flusso generato da ciascuna bobina varia e quindi i due momenti di rotazione opposti, generati sul tamburo, non sono più uguali. Il tamburo ruoterà ma nella rotazione, come si è detto, la superfice presentata sotto una bobina aumenta mentre quella sotto l'altra diminuisce. Le cose sono disposte in modo che la superfice diminuisca sotto la bobina in cui la tensione è aumentata e viceversa, e quindi poichè i momenti di rotazione generati dipendono dalle tensioni e, applicate e dalla superficie s che il tamburo presenta sotto ciascuna polarità il sistema mobile ruoterà fino ad assumere una nuova posizione di equilibrio corrispondente all'eguaglianza dei momenti rotori $e_1 s_1 = e_2 s_2$.

Il funzionamento dell'apparecchio è indipendente dalle variazioni della tensione di alimentazione e dalla sua frequenza, poichè la posizione di equilibrio del tamburo dipende solo dal rapporto fra le tensioni applicate alle bobine e non dal valore assoluto di queste tensioni.

Il contatto mobile del trasmettitore è comandato da una leva munita di un indice che può scorrere su un quadrante dove sono riportati i vari ordini da trasmettere. Portando l'indice in corrispondenza di uno di questi ordini si viene a far assumere al tamburo del ricevitore una posizione tale che l'indice ad esso collegato, spostandosi su un quadrante analogo a quello del trasmettitore, indichi lo stesso ordine.

Mediante una doppia sistemazione di trasmettitori e ricevitori è possibile avere la ripetizione dell'ordine da parte di chi lo riceve.

Ciascun telegrafo ha a tale scopo costruttivamente riuniti in una custodia comune, tanto un trasmettitore quanto un ricevitore, con una scala comune per l'indice del ricevitore e l'indice della leva di comando.

I magneti degli apparecchi riceventi sono costituiti da un nucleo di ferro lamellato con avvolgimento di rame. Il traferro fra il tamburo di rame e le espansioni polari è piccolissimo.

I due magneti sono piazzati in una cornice di bronzo che porta anche i cuscinetti dell'asse del tamburo.

Il tamburo è di rame puro elettrolitico esattamente centrato; l'asse è temperato e brunito e le sue estremità poggiano su pietre di zaffiro. Tamburo ed asse sono esattamente bilanciati in modo che l'indice assunta una volta una certa posizione, la conservi fino a che non intervenga una causa esterna qualsiasi. Per questo fatto è stato necessario munire l'apparecchio di un sistema indicatore di interruzione di corrente. Questo sistema è tale da costringere l'indice a spostarsi fino a sparire dietro un coperchio di lamiera applicato anteriormente al quadrante, allorchè l'apparecchio rimane senza corrente. Ciò è stato ottenuto mediante un magnete ausiliario il cui avvolgimento è derivato sul sistema ricevente. Sino, a quando il sistema di ricezione è sotto corrente questo magnete trattiene un particolare insieme di leve e molle in posizione tale da non ostacolare il movimento del tamburo; se la corrente manca il magnete lascia libera una manovella che spinta da una molla obbliga il tamburo a girare fino a che l'indice non sia sparito dietro il coperchio.

La manovra della leva di comando, necessaria per eseguire una trasmissione, fa anche funzionare un'apposita sirena elettrica situata in vicinanza del ricevitore, per richiamare l'attenzione.

Manutenzione. — La parte puramente elettrica dei trasmettitori non richiede speciale manutenzione; è solo necessario rivedere la linea dei contatti pulendola con tela smeriglio fine; essa deve essere perfettamente asciutta e per nessun motivo deve essere toccata con olio o grasso. Ciò oltre a produrre cattivi contatti rovinerebbe il materiale isolante.

Quando l'apparecchio funziona normalmente, la linea di contatto si mantiene pulita da sè per lo sfregamento continuo della spazzola.

I cuscinetti dell'asse del tamburo dei ricevitori devono essere annualmente puliti e lubrificati con olio per cronometri. Se la cassa di un apparecchio è stata aperta in un locale polveroso, è buona norma prima di chiuderlo spolverarlo con un soffietto. Se il ricevitore è sfasato, ciò può dipendere: a) - dal fatto che l'indice si sia mollato dall'asse; b) - che i morsetti si siano allascati; c) - che la linea di contatto del trasmettitore non sia pulita. Nel primo caso si mette la leva di comando in una certa posizione, si arresta l'asse del tamburo del ricevitore e si gira l'indice fino a che prende la posizione esatta indi lo si blocca mediante l'apposita vite. Lo smontaggio del sistema ricevente si effettua mollando le due viti laterali di arresto dopo di che tutto il sistema può essere tirato fuori. Nel rimetterlo a posto si deve badare che le lame di contatto vadano bene ad incastrarsi fra le apposite molle dopo di che si strin-

geranno bene le viti. Nessun contatto deve essere mollato, perciò nel togliere da posto il sistema ricevente, se vi fossero delle irregolarità nella posizione dell'indice, per nessun motivo bisogna tentare di eliminarle, modificando la posizione del tamburo. E' inoltre vietato smerigliare il tamburo, per pulirlo perchè ogni più piccola diminuzione della massa del tamburo causa una deviazione permanente della posizione dell'indice e può anche rendere inservibile il tamburo. Se occorresse pulire il tamburo basta lavarlo con la benzina ma mai con l'alcool, perchè si deteriorerebbe il rivestimento di lacca di cui è ricoperto. Salvo casi speciali evitare di mollare le viti dei cuscinetti dell'asse del tamburo poichè centrarlo poi nuovamente, è operazione difficile e richiede molto tempo.

L'apparecchio ricevente è munito di una resistenza shunt la quale serve esclusivamente durante il montaggio per l'esatta regolazione dell'apparecchio.

CAPITOLO XXXI

Ozonizzazione dell'acqua potabile

Già da diversi anni l'ozono è stato utilizzato per la distruzione dei germi patogeni dell'acqua.

La sterilizzazione dell'acqua a mezzo dell'ozono si compie conducendo dell'aria atmosferica secca in un ambiente dove si fanno avvenire delle scariche elettriche ad affluvio che fissano in ozono una parte dell'ossigeno dell'aria. L'aria così ozonizzata si rinvia poi nelle torri di sterilizzazione ove va in contatto con l'acqua. L'ozono mescolandosi con l'acqua distrugge le materie organiche che vi possono essere contenute e quindi, sfugge all'atmosfera. L'ozono che durante il processo si scioglie nell'acqua, non produce alcun inconveniente perchè si trasforma rapidamente in ossigeno.

A bordo, un impianto ozonizzatore dell'acqua è così costituito. Una pompa manda l'acqua da sterilizzare dai depositi ad un filtro di sabbia e quindi ad un emulsore nel quale avviene la mescolanza con l'ozono. Dall'emulsore, acqua e ozono, passano insieme in una torre di sterilizzazione da dove l'ozono rimasto libero sfugge all'atmosfera, mentre l'acqua sterilizzata va ai depositi.

La produzione dell'ozono viene effettuata nel modo seguente: Una convertitrice trasforma energia elettrica continua di bordo in alternata monofase bassa tensione (120 V. e 150 periodi). La tensione viene poi portata da 120 a 8000 V. a mezzo di trasformatore statico e con questa si alimenta l'ozonizzatore propriamente detto, il quale può essere costituito da un certo numero di elettrodi metallici, generalmente di alluminio, adagiati su lastre di vetro separate fra loro con tacchi di vetro, in modo da lasciare un certo intervallo tra un elemento ed il successivo.

Gli elettrodi dei posti pari sono uniti ad uno dei capi del trasformatore, gli altri alla terra. Alla terra è anche messo l'altro capo del trasformatore.

(Per le norme da osservare circa la manutenzione ed il funzionamento dell'apparecchio veggasi l'apposita monografia pubblicata dalla D.A.A.N. di La Spezia).

Per effetto dell'alta tensione esistente fra gli elettrodi, si formano fra di essi degli effluvi di colore violetto dovuti a scariche silenziose. Attraverso gli elettrodi viene fatta passare dell'aria secca il cui ossigeno si trasforma in ozono che viene poi aspirato dall'emulsore.

Se l'aria non fosse assolutamente secca darebbe luogo a scariche disruptive tra le armature dell'ozonatore. E' necessario perciò essicarla preventivamente facendola passare attraverso un essicatoio a cloruro di calcio.

Nei complessi ozonizzatori per bordo, invece degli elettrodi piani, si hanno in genere elettrodi cilindrici isolati con tubi di vetro, e la refrigerazione è ottenuta con l'acqua stessa da ozonizzare la quale anzi in qualche impianto funziona da elettrodo esterno.

CAPITOLO XXXII

Telefoni

§ 163 — Generalità sull'impiego dei telefoni a bordo

Le reti telefoniche a bordo delle navi sono in genere tre:

a) Rete telefonica generale;
b) Rete telefonica per comunicazioni dirette;
c) Rete telefonica del tiro.

a) - RETE GENERALE.

Comprende gli apparecchi per le comunicazioni ordinarie (50-60 apparecchi in media su di una nave tipo dreadnougth).

Gli apparecchi vengono collegati fra loro attraverso una *centrale telefonica* posta in un locale protetto. La rete è alimentata da apposite batterie di accumulatori a 12 V che si caricano mediante *devoltatori*.

La fig. 412 rappresenta schematicamente la batteria accumulatori A e la linea di alimentazione telefonica a cui sono connessi due utenti 1° e 2°. Il circuito microfonico di ciascuno di essi è connesso alla linea di alimentazione e può essere interrotto dai pulsanti i, i' che debbono essere alzati quando non si parla per impedire il riscaldamento dei microfoni che rimarrebbero in permanenza sotto corrente. Per ogni apparecchio arrivano alla centrale i due capi dell'avvolgimento secondario S del trasformatore, ossia del circuito trasmittente (*x* e *y*), ed i due capi della bobina del ricevitore (y e z). Tutti gli innesti x, y, z, dei vari utenti che fanno capo in centrale sono distribuiti su di un *quadro di commutazione* dove per mezzo di coppie di caviglie, riunite da un conduttore, di lunghezza opportuna, si stabiliscono le connessioni.

Riferendosi al caso semplice, indicato nello schema della fig. 441, l'utente 1 per domandare una comunicazione preme il pulsante C, provocando in centrale il funzionamento della suoneria B e l'accensione del lampadino L. (Sul

quadro la suoneria è unica mentre i lampadini sono tanti quanti sono gli utenti). Il telefonista destinato in centrale vedendo accendere il lampadino al n. 1 collega la caviglia del proprio telefono con i terminali di questo apparecchio, domanda la comunicazione desiderata, ed esegue poi le connessioni

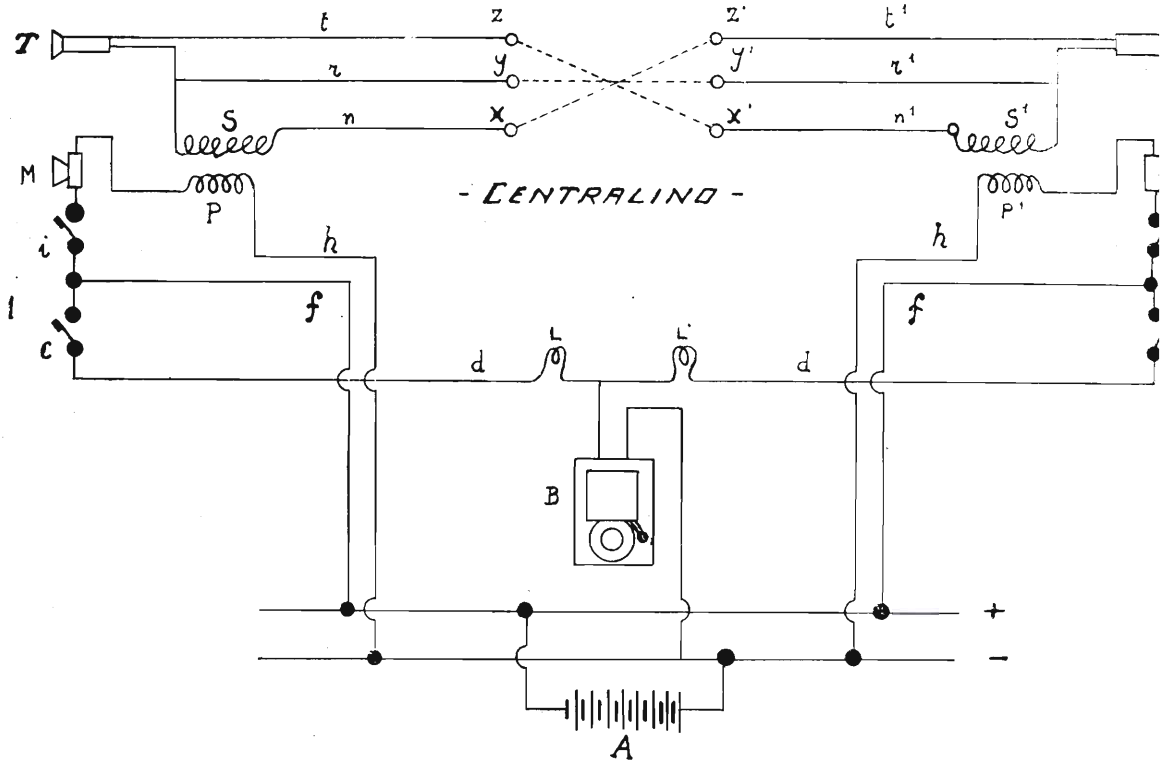


Fig. 412.

necessarie, collega cioè con un penzolo i terminali dell'apparecchio 1 con quelli del numero richiesto, per es. il 2 nel caso in figura.

Le linee di ciascun apparecchio sono a sei conduttori, due per la linea alimentatrice, (f. h); uno (d) per il campanello di chiamata (il ritorno è in comune con il microfono); tre (n, r, t,) per le linee dei secondari dei trasformatori telefonici.

b) - RETE TELEFONICA PER COMUNICAZIONI DIRETTE.

Le linee dirette collegano due a due, senza passare per la centrale, quei locali che debbono corrispondere fra loro solamente e rapidamente e fra i

quali la comunicazione deve potersi stabilire rapidamente. (Per esempio torretta di Comando e locale macchine, etc.).

c) - Rete telefonica del tiro.

In sussidio ai portavoce ed ai trasmettitori d'ordine, per la trasmissione dei dati del tiro si ha la rete telefonica del tiro. A differenza di quanto avviene per le altre reti, in questa le comunicazioni possono essere stabilite in un senso solamente; e cioè la stazione di direzione del tiro e la centrale possono solamente trasmettere ai pezzi, i quali a loro volta possono solamente ricevere.

Un quadro generale di commutazione permette di raggruppare diversamente i varii ricevitori a seconda delle stazioni di direzione o delle centrali dalle quali possono venir trasmessi gli ordini.

Condizione essenziale per il buon funzionamento degli impianti telefonici è il buon isolamento delle linee. In relazione a questa necessità, ciascuna delle reti è alimentata da una propria batteria di accumulatori. Il cattivo funzionamento dell'impianto è spesso dovuto a cattivo contatto delle spine di commutazione, queste debbono perciò essere verificate e pulite frequentemente.

Gli apparecchi telefonici dovranno essere accuratamente protetti, specialmente se in coperta, dall'umidità e in generale dagli agenti atmosferici. Durante i carbonamenti, i lavaggi, ecc., si deve inoltre provvedere ad una completa protezione mediante copertura con tela od altro.

§ 164 — Cenno sulle centrali telefoniche automatiche

Principi generali.

Teoricamente in un servizio manuale ben costruito e ben diritto, il 95 % delle richieste dovrebbero essere espletate in 5 secondi, praticamente però, come è noto, le cose vanno in modo molto diverso. Anche ammettendo perciò un servizio ideale i sistemi manuali hanno un limite. Infatti il destinato in centrale, fatta la chiamata richiesta, non sempre può come dovrebbe seguire l'andamento della comunicazione stabilita, perchè obbligato intanto a provvedere ad altre chiamate.

Per tale ragione la comunicazione rimane spesso stabilita per molto tempo dopo la fine, in modo che nè l'uno nè l'altro dei due corrispondenti collegati fra loro, possono dare o ricevere altre comunicazioni.

Ciò, nelle centrali telefoniche delle città, è penoso per gli abbonati ed ancor più per le telefoniste, le quali sono obbligate per evitare simili ed altri

inconvenienti, a prestare un'attenzione estenuante che le mette in condizioni di abbandonare il servizio molti anni prima degli altri impiegati delle poste. Quindi ragioni tecniche e sociali hanno militato in favore dell'impiego della comunicazione telefonica automatica.

Inoltre anche dal punto di vista economico, c'è da tenere conto che le spese di esercizio della commutazione manuale sono tutt'altro che lievi, e vi è quindi un altro elemento che spinge ad adottare la commutazione automatica. E' vero che detta commutazione richiede una maggiore spesa d'impianto, ma, questa è in buona parte compensata da economie, che, col sistema automatico, si possono realizzare nell'impianto della rete telefonica.

Oggidì ormai in tutti i paesi del mondo si è orientati verso l'impiego delle centrali automatiche, ed anche in Italia ormai le centrali di tutte le principali città sono state trasformate in automatiche. Quanto si è detto non ha tutto valore nel caso del servizio telefonico a bordo il quale è meno complesso nei riguardi specialmente del numero di utenti installati. Però la grande perfezione oggi raggiunta nel funzionamento delle centrali automatiche fa sì che la loro installazione a bordo presenti grandi vantaggi dal punto di vista della rapidità, precisione e sicurezza in cui viene svolto il servizio.

Un sistema automatico di commutazione comprende in generale:

1°) Gli apparecchi telefonici, i quali, oltre che dei dispositivi necessari per la conversazione, devono essere provvisti di uno speciale dispositivo di chiamata che permette a chi vuole ottenere una comunicazione di lanciare sui fili di linea (in generale 2) una o più serie di impulsi di corrente, destinati ad azionare opportuni relais della centrale telefonica.

2°) La centrale di commutazione costituita da un complesso di selettori meccanici, per il comando dei relais, i quali agiscono per effetto degli impulsi lanciati dall'apparecchio richiedente, e provvedono ad effettuare i contatti che stabiliscono la connessione fra l'apparecchio richiedente e l'apparecchio richiesto.

Vedremo più avanti come sono costituiti effettivamente il dispositivo di chiamata ed il selettore. Per ora ci basti sapere che il dispositivo di chiamata è un meccanismo per mezzo del quale è possibile lanciare sulla linea uno o più impulsi di corrente.

Il selettore è in sostanza un commutatore che può essere costituito da una leva la quale può ruotare intorno ad uno degli estremi, mentre l'altro estremo provvisto di spazzole si muove davanti a una serie di contatti. Il movimento di questa leva è provocato da uno o più relais il quale, od i quali, a loro volta sono comandati dagli impulsi inviati sulla linea.

Un selettore (tipo Ericsson) è rappresentato in fig. 413. Le parti principali del selettore sono le seguenti:

Piastra comune	BP
Magnete d'accoppiamento	MH - MV
Disco girevole	TS
Corona circolare dentata	KR
Magnete di blocco del medesimo	CV
Braccio di contatto	KA
Magnete di blocco dello stesso	CR

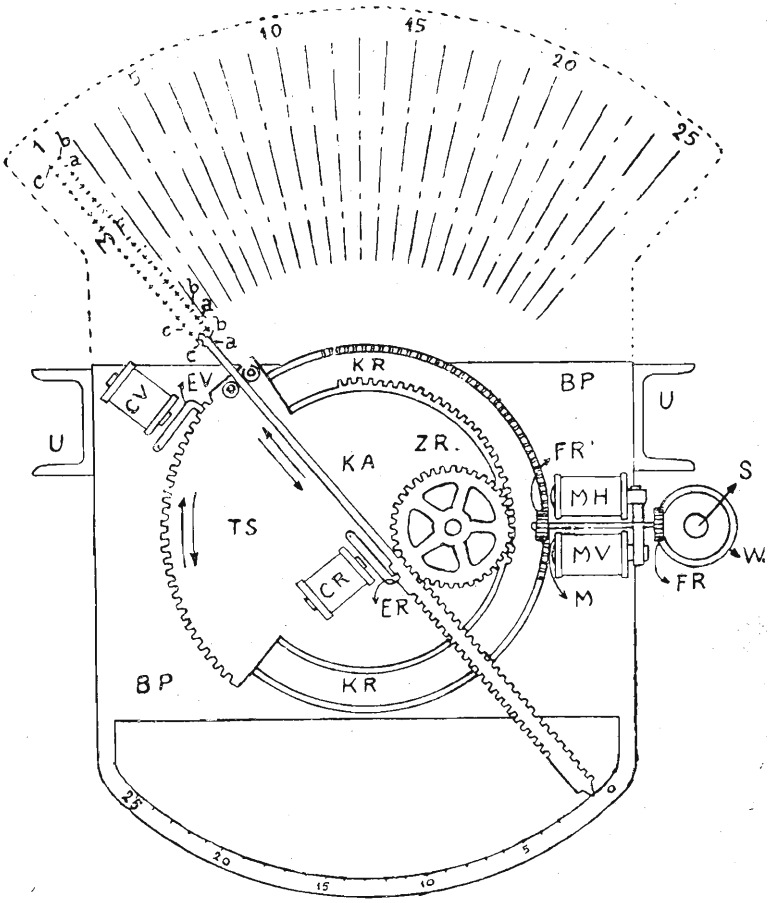


Fig. 413

Il magnete di accoppiamento è montato direttamente sulla piastrina comune, ed ha due bobine MH - MV.

Il perno M sul quale sono fissate le ruote dentate FR ed FR', traversa l'armatura comune ai due rocchetti.

L'armatura può venire attratta o dalla bobina MH, che la fa spostare verso l'alto; oppure dalla bobina MV che la sposta in basso.

Con questi spostamenti si effettua l'ingranamento della ruota dentata in uno degli ingranaggi di comando W, e cioè in quello superiore o quello inferiore che impartiscono al perno M un movimento di rotazione rispettivamente in un senso o nell'altro.

La funzione della corona circolare CR è di trasmettere il movimento della ruota FR' al disco girevole e al braccio di contatto.

La corona dentata esterna si ingrana con una ruota dentata FR', e quella interna ingrana nella ruota dentata ZR imperniata nel disco girevole TS che serve a trasmettere il movimento al braccio di contatto.

La parte inferiore del braccio di contatto è dentata ed ingrana nella ruota ZR come è rappresentato in fig. 413. (ZR in pratica è costituito da due ruote fissate nello stesso perno e di cui quella inferiore ingrana con la corona dentata KR e quella superiore con la parte dentata del braccio di contatto).

Il braccio di contatto KA è girevole sul disco rotativo TS, e la parte anteriore è formata da un manicotto isolante, di sezione rettangolare, che porta le tre molle di contatto *a b c* del selettore.

Il braccio di contatto ha doppio movimento, e cioè un movimento di rotazione nel quale esso segue quello del disco intorno al suo asse, ed un movimento radiale in direzione del telaio multiplo dal quale entra o esce.

I movimenti dei selettori sono comandati dai due magneti di arresto CV e CR. Il magnete CV che controlla la rotazione di un selettore, ha la sua armatura costituita da una leva portante un nottolino EV che penetra fra due denti del disco girevole arrestandone il suo movimento.

Gli spazi fra i denti sono distanziati in modo da corrispondere esattamente alla posizione occupata dal braccio di contatto in rapporto ai telai multipli.

Nella fig. 442, per esempio il braccio di contatto è centrato esattamente di fronte al telaio N° 1.

Il magnete CR controlla il movimento radiale per mezzo della sua armatura che porta il nottolino d'arresto ER, ed ha per scopo di centrare e bloccare il braccio di contatto in corrispondenza delle venti linee di un telaio multiplo.

I magneti MH ed MV vengono azionati attraverso contatti disposti sull'armatura del magnete di arresto.

Ora, possono verificarsi i due casi seguenti:

1°) Quando il magnete d'arresto CV riceve corrente, il selettore viene liberato, ed il disco insieme al braccio di contatto inizia la sua rotazione, continuando a girare fino a quando il circuito non venga interrotto per mezzo di CV. Allora il nottolino d'arresto entra in un incastro fermando così la rotazione del disco. Contemporaneamente però viene interrotto il circuito del magnete d'accoppiamento. La rotazione del disco è destrosa o sinistrosa a seconda che è eccitato il rocchetto MH o quello MV del magnete d'accoppiamento.

2°) Quando il magnete d'arresto CR riceve corrente, il braccio di contatto viene liberato e può spostarsi radialmente. Contemporaneamente viene interrotta la corrente nel magnete di accoppiamento.

Nello stesso tempo, il braccio di contatto penetra o viene ritirato dal telaio multiplo a secondo di quale rocchetto del magnete viene eccitato (MH od MV).

Nel sistema Ericsson sono usati tre differenti tipi di selettori, e cioè cercatori, selettori di gruppi, e connettori, ma essi sono sostanzialmente di identica costruzione e differiscono solo nei particolari. Vediamo però anzitutto come a mezzo di tali selettori si realizzano le connessioni tra i diversi utenti e con quali mezzi si possono produrre al minimo i circuiti di connessioni nelle centrali.

Quanto è detto in seguito si riferisce al caso generale di centrali urbane che servono un numero elevato di utenti. I principii generali restano però immutati ed applicabili al caso delle centrali installate a bordo nelle quali il numero limitato di apparecchi, comandati per mezzo della centrale, rende l'apparecchiatura più semplice.

Il numero massimo dei circuiti di connessione di una centrale, potrebbe essere evidentemente eguale alla metà del numero di utenti serviti dalla centrale. In pratica invece basta solo un numero uguale al 20 % circa di tale massimo, cioè il 10 % circa del numero totale di utenti, poichè non tutti parlano contemporaneamente e basta quindi che vi sia un numero di linee sufficienti a stabilire le comunicazioni che occorrono durante il massimo traffico.

Consideriamo anzitutto un impianto di cento apparecchi: nel caso in cui si volesse realizzare il massimo numero possibile di collegamenti simultanei, ogni linea entrando in centrale dovrebbe far capo da una parte alla spazzola del proprio selettore e dall'altra andrebbe a multiplicarsi sui contatti in tutti i selettori (V. fig. 413). Ogni selettore ha cento contatti distribuiti in 10 fili orizzontali di 10 contatti ciascuno.

Il funzionamento è evidente; ciascun corrispondente stabilisce la propria comunicazione mediante la manovra della propria spazzola mossa in senso verticale con l'invio della prima cifra e la seconda volta in senso orizzontale con l'invio della seconda cifra.

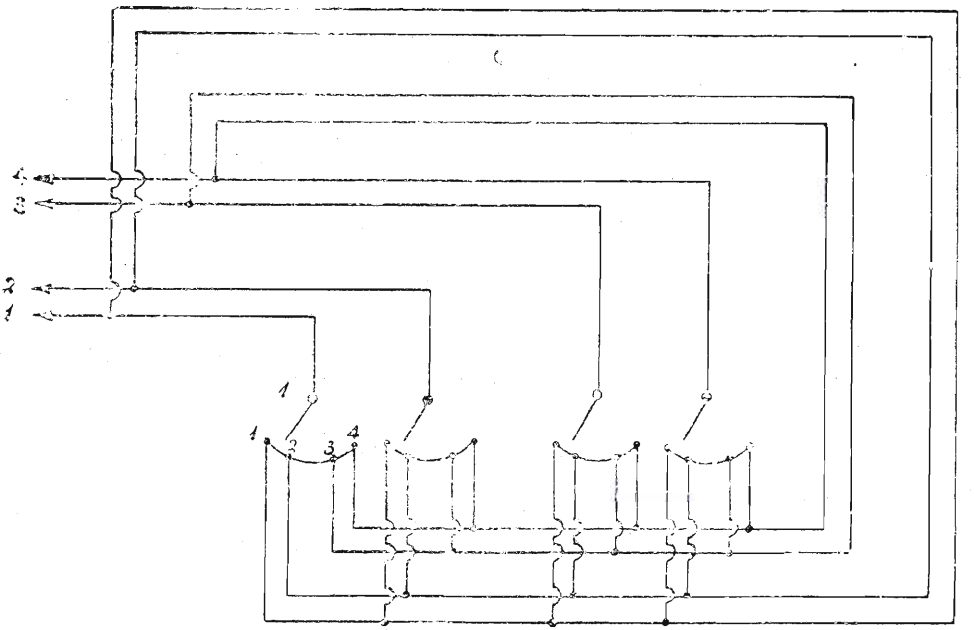


Fig. 414.

La figura può, per semplicità, schematizzarsi nella 415 nella quale il fascio delle linee è rappresentato da un tratto pieno che da una parte va man mano riducendosi a punta, via via che le linee diminuiscono andando ciascuna linea a connettersi alla spazzola del rispettivo selettore.

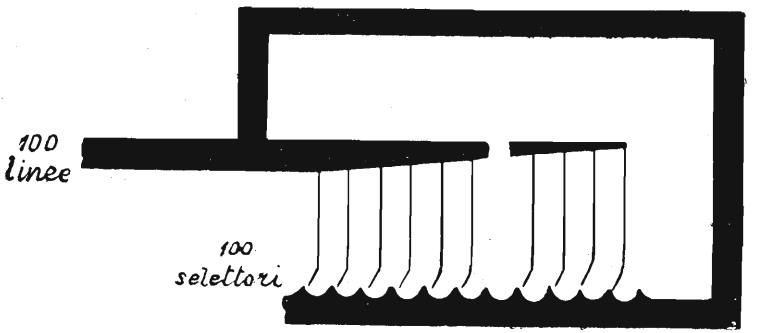


Fig. 415.

Dall'altra parte il tratto rimane parallelo dato che tutte quante le linee vanno a multiplicarsi su contatti di tutti i selettori. Riducendo i circuiti di connessione a 10, cioè al 10 % del numero degli abbonati, la disposizione diviene quella della fig. 416. In questo caso si rende necessario l'introduzione di una seconda serie di commutatori i quali dànno all'abbonato la possibilità di connettersi con un qualunque dei 10 circuiti esistenti e precisamente col primo circuito di connessione libero, potendo in quel momento parte dei circuiti essere impiegati per altre comunicazioni.

Questa seconda serie di commutatori costituisce i così detti « preselettori » o « cercatori di linea » a seconda dei vari sistemi. Con questa disposizione si hanno 10 commutatori in più della precedente (i quali sono però molto più semplici dei selettori) ma se si contano i contatti totali dei commutatori, si trova che il loro numero è ridotto ad un quinto (1).

Vedremo più avanti i particolari di funzionamento di questi organi. Rimanendo nel campo della costituzione della centrale, il principio dell'impiego dei selettori di gruppo è chiaramente indicato dalla fig. 417.

Talvolta non è sufficiente un solo ordine di preselettori e se ne aggiunge allora un secondo.

Quanto è stato detto finora si applica in generale a tutti i sistemi di telefoni automatici; cambia però da sistema a sistema il numero delle linee componenti ciascun gruppo o sottogruppo, a seconda della capacità delle linee del selettore finale. (Tale capacità è di 100 per selettore del sistema Strowger, di 200 per Western e di 500 per gli Ericsson).

---

(1) Nelle centrali urbane, quando il numero delle linee è superiore a 100, per esempio nel caso di centrale a 1000 o a 10000 numeri, allora le linee (mantenendosi costante la capacità dei selettori) vengono divise necessariamente in gruppi e all'occasione in sottogruppi. Le linee degli abbonati sono collegate ai preselettori, da questi vanno ai selettori di gruppo, successivamente ad altri selettori di gruppo ed infine a quelli di linee.

I selettori di gruppi sono identici nelle strutture a quelli di linea, ma diversi nelle funzioni. Infatti mentre in questi ultimi come abbiamo visto, la selezione numerica, cioè gli spostamenti orizzontali o verticali delle spazzole dei selettori sono comandati dagli impulsi inviati sulla linea dall'abbonato, nei primi invece l'abbonato comanda solo gli spostamenti verticali, ed il selettore va poi a scegliere automaticamente la linea libera che gli permette di collegarsi al successivo gruppo di selettori.

Il preselettore è un organo che funziona solo automaticamente cioè sceglie da sè una delle linee per mettere l'abbonato in comunicazione con uno dei selettori.

Questi diversi aggruppamenti e le necessità di questi organi dipendono dall'avere adottato il principio già accennato di diminuire il numero dei contatti e delle linee di giunzione, ciò che è imposto dalle necessità di non impiegare organi molto complicati, oltre che da considerazioni economiche.

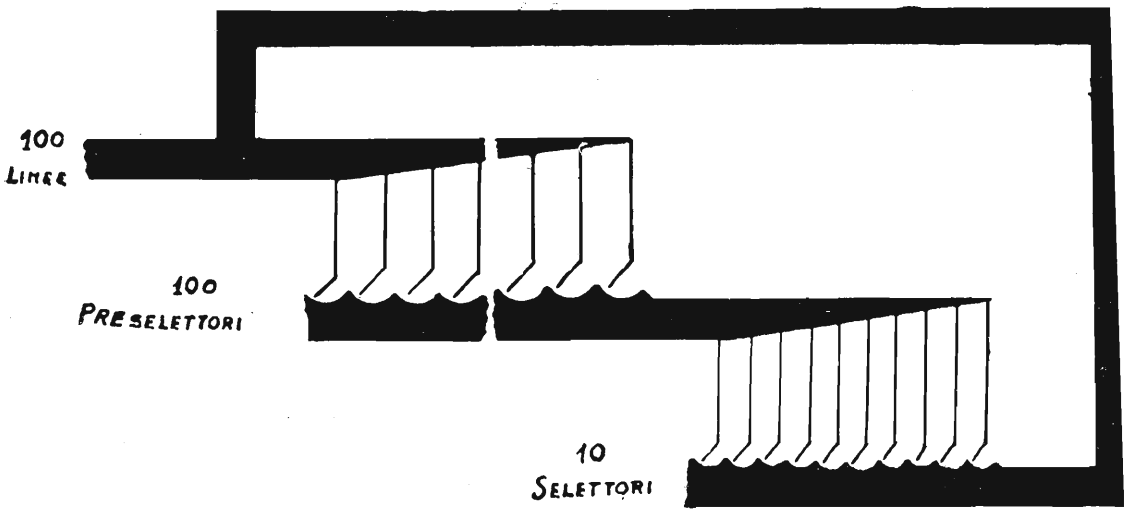


Fig. 416.

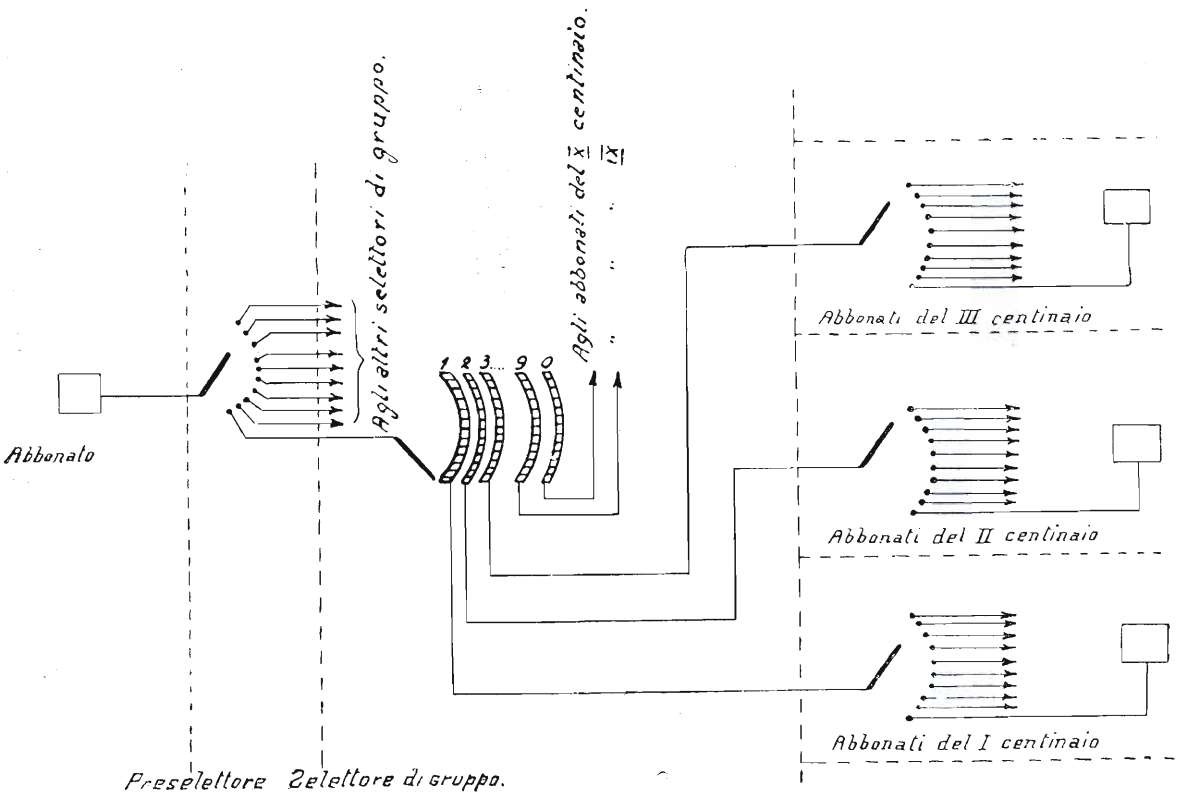


Fig. 417.

CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI TELEFONICI AUTOMATICI.

I sistemi telefonici automatici possono essere divisi in due classi: sistemi *automotori* o « passo a passo », sistemi *dinamotori* o « a comando meccanico ». La prima classe è così chiamata perchè i commutatori sono completi in sè stessi, cioè portano associati i magneti che comandano i loro movimenti e che sono eccitati direttamente dagli impulsi trasmessi.

Fra i primi è il sistema Strowger-Siemens, che attualmente è uno dei più diffusi in Italia.

I sistemi dinamotori presentano gli organi di commutazione comandati con un mezzo indipendente dagli impulsi trasmessi. Il movimento degli alberi portaspazzole dei selettori di questi sistemi è ottenuto per mezzo dell'accoppiamento a frizione o a ruote dentate, con alberi in continua rotazione mossi da motori e sistemati nella centrale.

Questa classe comprende i sistemi « a pannelli » e « rotativo » della Western e il sistema Ericsson.

I sistemi telefonici automatici possono anche dividersi in sistemi « a comando diretto » ed a « registratori ». Nei primi ciascuna serie di impulsi aziona direttamente i successivi commutatori fino a che non sia completata la connessione come ad esempio nel sistema Strowger-Siemens.

Nei secondi si hanno nella centrale degli organi detti registratori, posti fra il cercatore di linea ed il primo selettore di gruppo. Questi registratori vengono associati alla linea di giunzione non per tutta la durata della conversazione, ma solo per il breve tempo occorrente a congiungere la linea del richiedente a quella dell'utente richiesto.

I registratori ricevono gli impulsi inviati dal disco combinatore senza impegnare nessun apparecchio od organo di giunzione della centrale, in modo che questi organi rimangano liberi per le altre comunicazioni. I registratori quindi, immagazzinati gli impulsi ricevuti, controllano il funzionamento dei successivi selettori per mezzo degli impulsi che vengono prodotti in centrale. Questi impulsi detti *impulsi invesi*, possono essere complementari rispetto a 10 di quelli inviati oppure possono essere una traduzione degli impulsi inviati con l'aggiunta o la sottrazione degli altri impulsi.

SISTEMA STROWGER-SIEMENS.

Generalità.

Abbiamo già accennato sommariamente al funzionamento di questo sistema: chi chiama alza il ricevitore ed automaticamente viene collegato dal suo preselettore ed eventualmente da un secondo preselettore, al primo selettore di gruppo trovato libero.

Ogni apparecchio è munito di un dispositivo di chiamata costituito da un disco numerato in corrispondenza di 10 fori ovali.

Questo disco è in relazione con un sistema di contatti collegato nell'interno dell'apparecchio. Introducendo un dito in uno dei fori numerati si fa ruotare il disco fino ad un gancio d'arresto situato in basso, a sinistra e quindi lo si lascia libero. Per effetto di una molla il disco torna nella sua posizione iniziale producendo tante interruzioni della corrente di linea per quante sono le unità del numero corrispondente al foro adoperato per la rotazione del disco. Così in modo assai semplice si può inviare alla centrale da uno a 10 impulsi di corrente tante volte quanto sia necessario.

Mediante questi impulsi di corrente vengono fatti funzionare dei relais che azionano i selettori in modo da ottenere la combinazione che occorre per stabilire la comunicazione voluta. Abbiamo anche visto precedentemente come taluni organi (preselettori) funzionino in modo esclusivamente automatico, cioè entrano in funzione da loro non appena si stacca il ricevitore, e vanno a scegliere una linea libera per stabilire la comunicazione, in altri termini questi organi effettuano una *selezione* automatica. Altri organi come i selettori di linea compiono invece i loro movimenti esclusivamente in base ai comandi dati. Si dice allora che questi effettuano una *selezione numerica*. I selettori di gruppo in fine fanno una selezione mista.

Selezione numerica.

Esaminiamo anzitutto come nel sistema Strowger-Siemens venga effettuata la selezione numerica.

La fig. 418 rappresenta schematicamente un piccolo sistema automatico a tre numeri, e ci riferiremo ad essa per comprendere il principio su cui si basa la selezione numerica.

Ogni linea è costituita da due fili indicati con *a* e *b*. N 1, N 2, N 3 indicano i tre apparecchi. Ciascun filo di linea fa capo a una spazzola strisciante; O_1 e O_2 sono unite ai fili della linea dell'apparecchio N. 1 e così per gli altri. Nei banchi dei contatti, i contatti che portano gli stessi numeri sono collegati fra loro. Così il filo v_1 collega tutti i contatti relativi al filo *a* dell'apparecchio N. 1, analogamente v_2 per N 2 e v_3 per N 3. In modo analogo v_4, v_5 e v_6, collegano i contatti dei fili *b*. In più v_1 è collegato al filo *a* di N. 1 per mezzo di q_1; v_4 al filo *b* di N 1 per mezzo di q_1. Analogamente v_2, v_5, ecc.

Inoltre ogni organo di selezione possiede una terza spazzola (O_3 per N. 1, O_6, per N. 2, O_9 per N. 3) che serve per il caso in cui il numero richiesto sia occupato. I contatti corrispondenti sono multiplati fra loro a mezzo dei fili c_1, c_2, c_3. L'insieme dei contatti esplorati dalle spazzole di un organo di selezione costituisce un *banco di contatti*.

Nella fig. 418 (He - HK) rappresentano l'elettromagnete e il dispositivo di rotazione. La ruota dentata è solidale con un asse W sul quale sono fissate, isolate elettricamente, le tre spazzole O_1, O_2, O_3. Un arresto MK, mantiene la ruota nella posizione raggiunta, nonostante l'effetto della molla *z*, la quale tende a riportare la ruota nella posizione di riposo. Quando l'elettromagnete M è eccitato, l'arresto MK, viene sollevato e quindi la ruota del selettore viene ricondotta a posto dalla molla *z*. A, B, X e P sono dei relais. Il contatto a_1 è comandato da A, B_1 da B, x_1 e x_2 da X, p_1, p_2, p_3 da P. Il dispositivo di chiamata consiste nel disco numerato munito alla sua periferia di 10 denti.

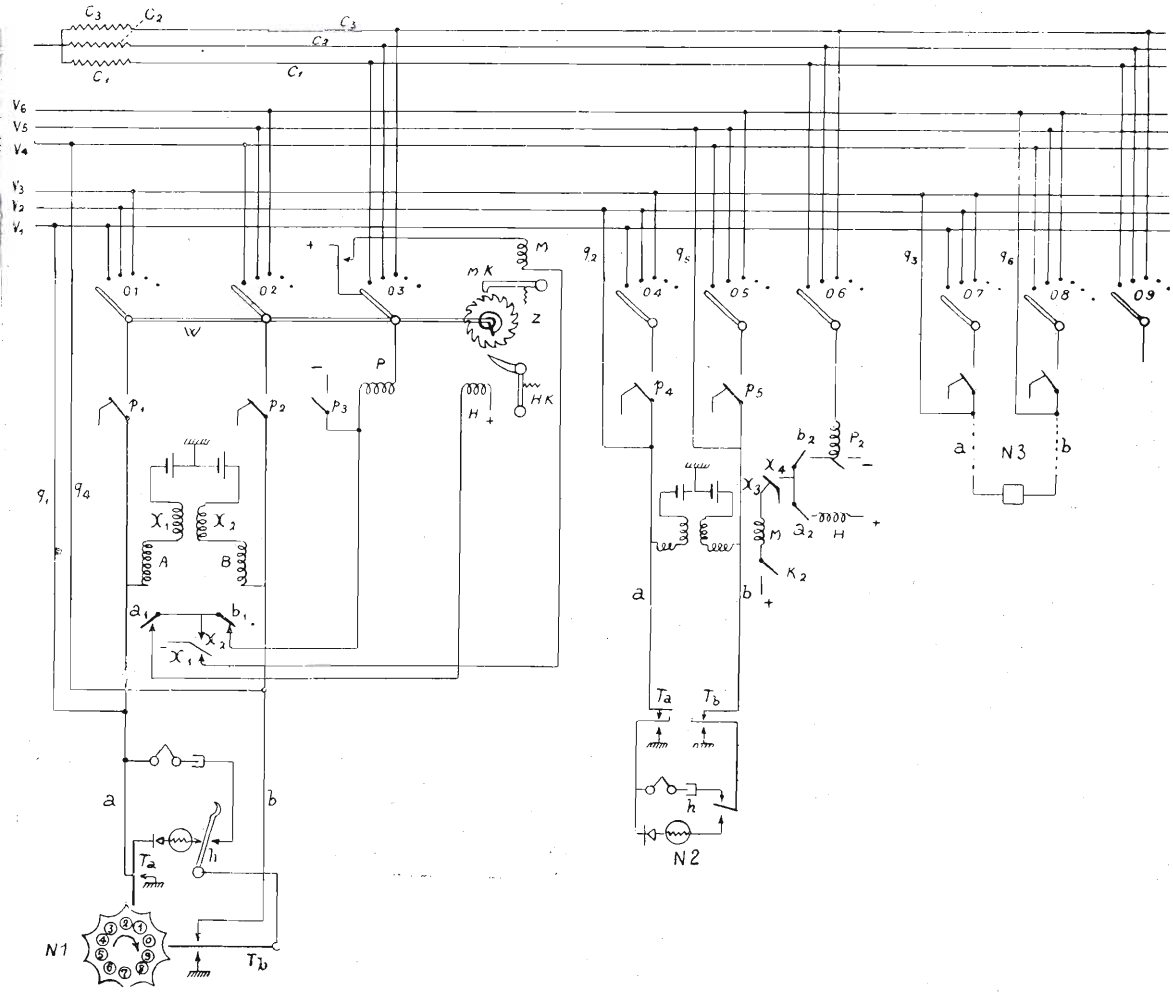


Fig. 418.

Nella fig. 418 non è rappresentata, per semplicità, la molla cui è affidato l'incarico di riportare il disco nella sua posizione iniziale. Nel tornare a posto i denti della ruota spostano l'estremità della leva a molla Ta, che viene staccata tante volte quanti sono i denti, dal conduttore *a* e collegate a terra. L'operazione dell'interruzione viene effettuata durante il ritorno del disco per ottenere che l'invio degl'impulsi di corrente avvenga in modo uniforme e sempre con la stessa velocità, ciò che evidentemente non potrebbe ottenersi qualora l'invio degl'impulsi avvenisse durante il movimento impresso a mano al disco.

Quando il disco ritorna nella posizione di riposo uno scontro, che si trova sulla ruota, incontra la leva Tb e la collega alla terra.

Vediamo come viene stabilita la comunicazione e supponiamo che N_1, voglia chiamare N_3. Egli stacca il ricevitore dal gancio e facendo questa operazione si chiude il circuito che parte dalla batteria della centrale, passa attraverso x_1, a, T_a, microfono, ricevitore, gancio, T_b, b, B, x_2, e torna alla batteria.

Si eccitano quindi i relais A, B, X_1, X_2. L'abbonato N_1, fa quindi ruotare il disco di chiamata a partire dal foro 3. In conseguenza T_a, viene messo tre volte a terra e per tre volte quindi si interrompe la corrente nel filo *a*. L'armatura del relais A, cade per tre volte, mentre i relais B, X_2, restano eccitati attraverso il circuito terra, batteria, x_2, B, b, Tb, gancio ricevitore, microfono, T_a, terra. Ad ogni caduta dell'armatura A, si chiude in centrale il circuito: —, x_2, a_1, H, +.

L'elettromagnete di rotazione H, viene quindi ad essere eccitato per tre volte e fa ruotare le tre spazzole in modo da stabilirne la connessione con i fili mutiplati v_3, v_6, c_3.

Supponiamo adesso che *N 3*, sia libero. Dopo che sono stati trasmessi i tre impulsi, il disco tornando nella posizione di riposo, si mette T_b a terra, nel filo b si interrompe la corrente e si diseccita allora il relais B, e perciò ne cade l'armatura.

I relais A e X_1, restano eccitati attraverso il circuito: batteria, X_1, A, a, T_a, microfono, ricevitore, gancio, T_b terra. L'armatura di B cadendo chiude il circuito: —, x_2, b_1, P, O_3, resistenza, C_3, +.

Si eccita quindi il relais P che chiude i contatti p_1, p_2, p_3.

Attraverso p_1 e p_2, la linea N 1, è collegata ai fili v_3, v_6, che alla loro volta sono collegati alla linea N 3, attraverso i fili q_3, q_6. L'interruttore p_3, contemporaneamente pone il relais P in diretto collegamento con il negativo, in modo che questo relais rimanga eccitato anche quando la leva T_b, torna in posizione normale, perciò richiudendosi la linea b, B, viene nuovamente eccitato e riapre il contatto b_1.

Alla fine della conversazione N_1, attacca il ricevitore al gancio, il quale

si stacca dal contatto di sinistra e si unisce a quello di destra, conseguentemente, s'interrompe la corrente di eccitazione dei relais A, B, X, che lasciano cadere le loro armature.

Nel lasciare la posizione di riposo, la spazzola O_3, ha chiuso il contatto k, perciò quando l'armatura del relais X, cade, per essere stato attaccato il ricevitore si chiude il circuito: meno, x_1, M, k, +.

(Ricordiamo che la caduta dell'armatura A, chiude il contatto a_1; quella di B, chiude b_1. I due avvolgimenti X_1, X_2, agiscono sopra lo stesso nucleo che rimane perciò attratto quando è eccitato indifferentemente uno dei due avvolgimenti. Il relais X, quando è eccitato chiude x_2, mentre quando è diseccitato chiude x_1).

Per effetto della chiusura del circuito suddetto si eccita M, che solleva lo scontro M K, ed in conseguenza la molla Z, riporta la ruota dentata del selettore in posizione di riposo. La spazzola O_3, torna pure nella sua posizione normale e si riapre quindi il contatto k. Nello schema del settore relativo alla linea N_1, i contatti del relais sono disposti in modo da far vedere chiaramente da quali relais sono comandati, ciò comporta una complicazione nella rappresentazione dei circuiti; per semplificare si può quindi usare la disposizione per N_2.

Supponiamo adesso che N_2, voglia chiamare N_3, mentre questo è in comunicazione con N_1. Questa nuova comunicazione non deve poter essere stabilita. Le spazzole O_4, O_5, O_6, vengono collegate ai fili v_3, v_6, c_3 nel modo che abbiamo già visto. Il relais V, si diseccita e chiude il circuito: —, x_4, b_2 P_2, O_6, c^3 e O_3, +.

In questo modo il relais P_2 viene a trovarsi in parallelo con P, la resistenza complessiva del circuito viene quindi a diminuire, aumenta in conseguenza la corrente attraverso la resistenza O_3, che provoca una più grande caduta di tensione. Perciò si produce un'abbassamento della tensione applicata ai capi di P e P_2. Per effetto di questo abbassamento, la corrente che percorre P_2, non è sufficiente ad attrarne l'armatura; la stessa diminuzione si ha anche in P, ma la corrente conserva tuttavia un valore tale da permettere di mantenere sollevata l'armatura di questo relais. L'apparecchio N_2, riceve allora il segnale di occupato attraverso i contatti di riposo P_4, P_5. Se, nella fig. 447 i fili *a* e *b*, fossero collegati direttamente alle spazzole O_1 e O_2, durante la rotazione di queste, i detti fili passerebbero successivamente sui contatti delle varie linee multiplicate, provocando così dei disturbi nelle comunicazioni in corso.

Conviene inoltre evitare la connessione diretta dei fili degli abbonati alle spazzole per la razione seguente: Se supponiamo che le linee multiplate v_1 e

v_4, siano occupate, e che la linea N_1, debba essere collegata a quella di N_3, quando O_1, sarà collegata a v_1 ed il filo sarà successivamente isolato dalla manovra del disco combinatore, per ottenere che l'organo di connessione passi da v_1 a v_4, da v_2 a v_5 ecc., il relais A, non seguirebbe gli impulsi comandati dal disco perchè resterebbe permanentemente eccitato attraverso il circuito: batteria, X_1, A, (supponendo p_1 chiuso), O_1 v_1, spazzola dell'organo di selezione che dà luogo all'occupazione, filo *a*, posto telefonico, filo *b*, B, X_2, batteria.

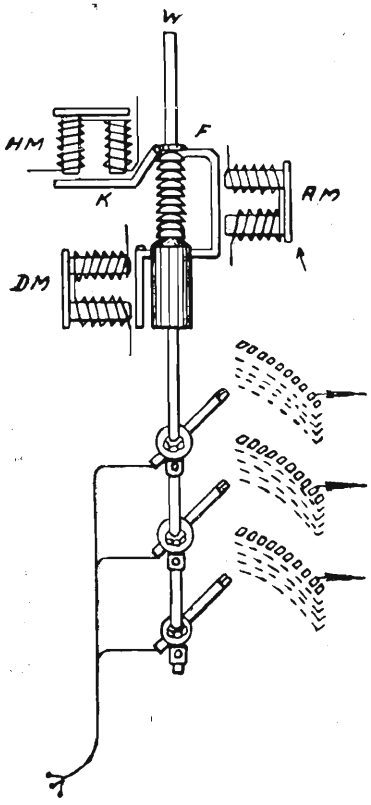


Fig. 419.

In queste condizioni l'organo di connessione non avanzerebbe. Due linee, ad esempio una linea di apparecchio ed una linea di multiplaggio, non devono mai poter essere collegate quando il loro collegamento possa dar luogo ad inconvenienti.

Il sistema che noi abbiamo esaminato, si riferisce al caso di un impianto comprendente solo 10 abbonati. In pratica nelle centrali urbane la selezione numerica, nel sistema Strowger-Siemens viene fatta con selettore per 100 abbonati. Perciò l'albero W, del selettore compie, oltre al movimento di rotazione, anche un movimento ascensionale. Il selettore ha quindi per ogni spazzola non soltanto 10 contatti disposti in un piano orizzontale, ma 10 ordini di 10 contatti. Uno schema semplificato di un selettore di questo tipo è rappresentato dalla fig. 419.

Per ottenere il movimento di ascensione l'albero porta 10 denti circolari che costituiscono una specie di cremagliera. Vicino ad essa si trova l'elettromagnete H M, di sollevamento, il quale comanda il gancio K. Ad ogni eccitazione di H M, il gancio fa salire l'albero di un dente.

Per permettere la rotazione dell'albero, altri 10 denti sono ricavati longitudinalmente in un altro ringrosso dell'albero. L'elettromagnete di rotazione D M, posto lateralmente fa ruotare, ad ogni impulso, l'albero della larghezza di un dente. Per mantenere l'asse nella posizione raggiunta, un doppio scontro F, si introduce nei denti circolari e longitudinali, questo scontro

tenuto a posto da una molla si scosta per permettere lo scatto successivo, ma ritorna immediatamente a posto dopo che il passo è stato compiuto.

Per far ritornare l'albero nella posizione di riposo, vi è un terzo elettromagnete A M. Quando questo viene eccitato attira lo scontro F, la molla Z, della fig. 418 fa allora ruotare l'albero in modo da riportarlo nell'azimut iniziale, e quindi esso ritorna al posto proprio cadendo per il proprio peso.

La linea chiamante è collegata alle spazzole mediante un cordone flessibile, mentre le linee multiplate degli abbonati sono raccordate ai contatti fissi.

Come già abbiamo detto l'abbonato trasmette successivamente solo dei gruppi di impulsi da uno a 10, ora in un selettore di questo genere la prima serie di impulsi deve provvedere al sollevamento dell'albero mentre la seconda deve farlo ruotare. Necessita quindi una commutazione che agisca sull'organo di connessione per fare eseguire ad esso prima il movimento verticale e poi quello di rotazione. Le cose sono disposte in modo che le spazzole non abbiano a strisciare sopra i contatti durante il sollevamento.

Per la commutazione esiste quindi un'altro organo detto appunto *commutatore.*

Questo commutatore ha tre posizioni ed è comandato dal contatto T_b; passando dalla prima alla seconda posizione il commutatore fa comandare dal contatto T_a l'elettromagnete di accensione e poi quello di rotazione. Passando alla terza posizione fa senz'altro agire il relais T, della fig. 418.

Selezione automatica.

Si chiama selezione automatica la ricerca di una linea libera in un fascio di linee simili.

I preselettori sono organi che compiono la sola selezione automatica, mentre i selettori di gruppo compiono una selezione mista. Infatti in questi la selezione dei livelli è comandata dall'abbonato, mentre quando è raggiunto il livello desiderato, la selezione diviene automatica, perchè il selettore cerca una delle linee libere per collegarsi ai selettori di linea.

Esaminiamo anzitutto come funzionano i primi ed i secondi preselettori. Lo schema semplificato di un impianto con primi e secondi preselettori è rappresentato nella fig. 420.

Il primo preselettore ha 4 spazzole, di cui 01, 02, 03, strisciano su contatti separati. La spazzola 04, è unita, nella sua posizione di riposo ad un contatto particolare, nelle altre posizioni striscia su un contatto circolare. Quando l'abbonato stacca il ricevitore, si chiude la linea, ed il relais R, fun-

ziona e chiude i contatti r_2 e r_1, chiude quindi il circuito: —, r_2, t_4, elettromagnete di rotazione D, del preselettore, interruttore U, e terra.

Le quattro spazzole si mettono perciò in movimento. Quando la 0_3, trova una linea libera (c), si chiude il circuito: —, r_1 T'', T', spazzola 03, linea e p_3, relais C, g_1, terra.

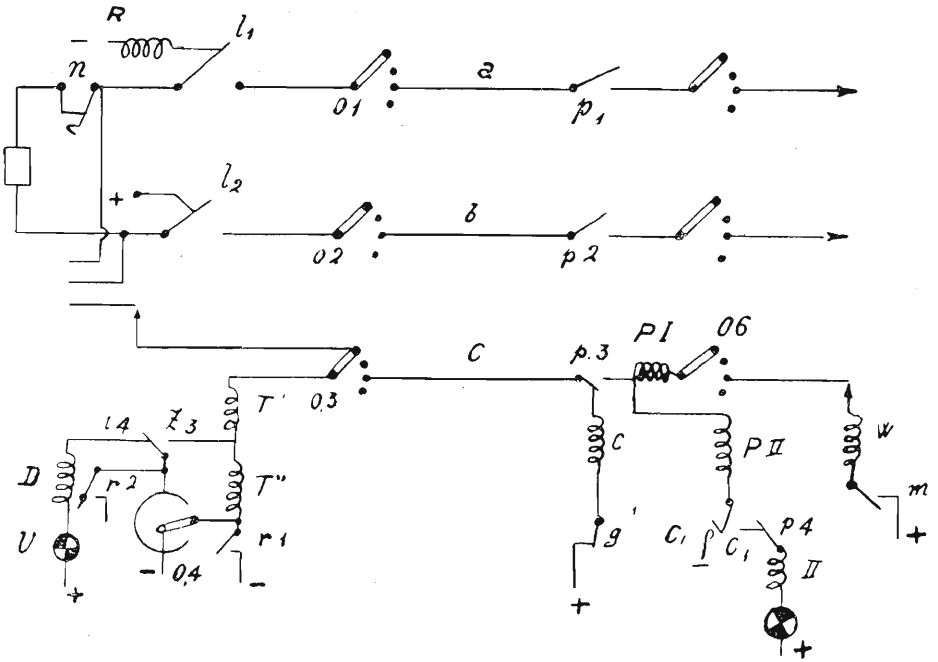


Fig. 420.

L'elettromagnete T (T' e T'') eccitandosi, chiude i contatti t_1 e t_2, e mette quindi R fuori circuito e commuta il contatto da t_4 a t_3. Il preselettore si ferma, e l'avvolgimento di grande resistenza T'' viene messo in corto circuito su 0,4. Supponiamo che C abbia una resistenza di 500 ohm, T' di 15 e T'' di 600 ohm, e che la tensione di alimentazione sia di 60 volt.

Nell'istante in cui 0,3, si chiude sul filo e, la corrente prende il valore di 0,055 ampère, ma subito dopo, avendo funzionato il relais T, ed essendo stato perciò messo in corto circuito T'', la corrente nel filo e sale a 0,12 ampère. Ai capi di T' si ha quindi una tensione di 0,12. 15 = 1,8 Volt. Perciò se un altro preselettore si mette in moto cercando la linea libera quando la sua spazzola 0,3, tocca il filo e del preselettore già occupato, viene a mettere il suo relais T, in parallelo con T' della linea occupata. Ai capi di questo se-

condo relais si ha quindi una tensione di 1,8 volt, ed esso sarà quindi percorso da una corrente di $\frac{1,8}{615} = 0,003$ ampère che non è sufficiente a farlo funzionare. Conseguentemente quest'altro preselettore continuerà la sua rotazione fino ad incontrare una linea libera.

Tornando al caso che stavamo trattando, abbiamo visto che quando il primo preselettore incontra una linea libera, funziona il relais C. Si chiudono i contatti c_1 e c_2 e conseguentemente il circuito:

c_1, c_2 p_4, elettromagnete di rotazione D, interruttore.

Il secondo preselettore si mette quindi in movimento. Quando incontra una linea libera si chiude il circuito:

c_1, PII°, PI°, contatto 06, W, m, terra.

Funziona quindi il relais P, che chiude i contatti p_1, p_2, p_3, e apre p_4, facendo cessare la rotazione del preselettore, che è comandata da D. La linea viene bloccata, cioè non può essere più occupata da un altro selettore, perchè in modo analogo a quanto abbiamo visto per il primo selettore, in questo caso il relais P dell'altro preselettore verrebbe a mettersi in parallelo con quello del preselettore occupante e quindi non potrebbe funzionare.

La liberazione dei due preselettori si ottiene con l'apertura del contatto n.

Selettori di gruppo. — Con questi apparati si effettua come abbiamo accennato una selezione mista. Fra i numerosi tipi usati nel sistema Strowger-Siemens consideriamo quello rappresentato schematicamente nella fig. 421.

La selezione numerica, mediante la quale l'abbonato sceglie il gruppo (di centinaia o di migliaia) con cui desidera mettersi in comunicazione viene fatta, nel modo seguente:

Manovrando il disco di chiamata l'abbonato commuta il contatto T_a, perciò si interrompe successivamente il circuito dell'elettromagnete A, che fa chiudere, tante volte, quanti sono gli impulsi, il contatto a_1 comandando così l'elettromagnete H, di rotazione, che si eccita attraverso il circuito:

—, x_2, a_1 H, terra.

Quando il disco torna nella posizione di riposo funziona T_b. Si chiude perciò b_1 e si eccita l'elettromagnete D attraverso il circuito:

—, x_2, b_1, D, interruttore, terra.

All'inizio della rotazione dell'albero del selettore si chiude automaticamente il contatto w, in modo che l'albero continua anche se b_1, si apre. La

rotazione continua fino a che le spazzole non incontrano una linea libera. Si chiude allora il circuito: +, P, spazzola e, resistenza r, terra.

Passando sulle linee occupate P, viene a trovarsi in parallelo con gli analoghi relais degli altri selettori e quindi per le stesse ragioni dette nei paragrafi precedenti, non può funzionare.

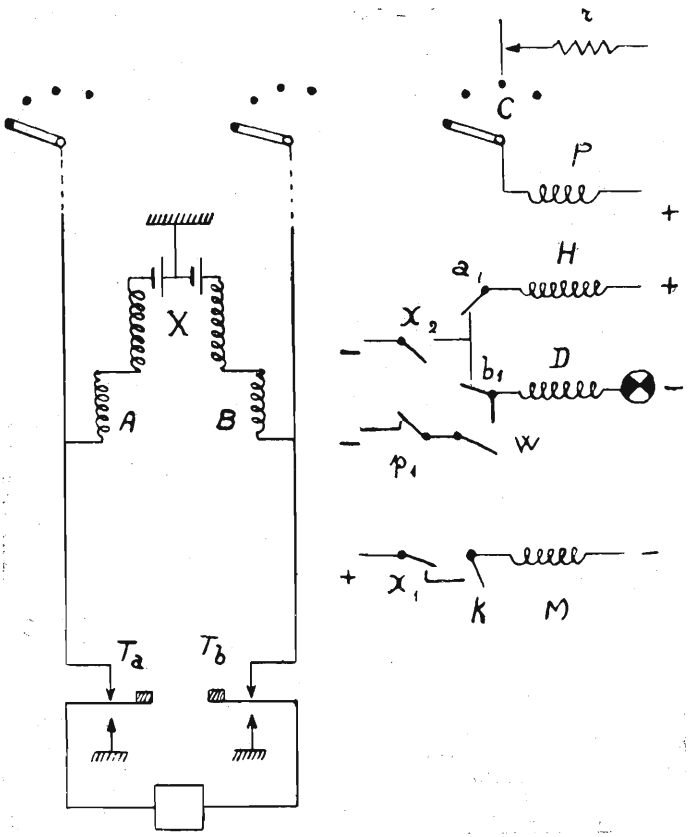


Fig. 421.

La liberazione viene nel modo seguente:

L'abbonato appende il ricevitore al gancio, si interrompe perciò la linea e conseguentemente si eccita il relais M, di liberazione attraverso il circuito:

terra, x_1, contatto k, M, —.

SISTEMA AUTOMATICO WESTERN.

Un altro sistema telefonico automatico è quello tipo Western, detto anche sistema rotativo, della Centrale telefonica militare di Roma. Questa nuova Centrale è equipaggiata per mille linee, estensibile fino a 2000. Le linee sono divise in gruppi di 100 e ciascun centinaio è servito da un gruppo di 10 cercatori primarii di linea. Essa è provvista dei seguenti organi:

Cercatori o selettori primarî di linea.
Cercatori o selettori secondari di linea.
Cercatori di registratori.
Selettori di gruppo.
Selettori finali.

Cercatore primario di linea. — Il cercatore primario di linea (fig. 113) è formato da quattro parti essenziali:

1°) Un arco semi-cilindrico; 2°) Un equipaggiamento mobile o carrello porta spazzole; 3°) Una elettrocalamita; 4°) Una ruota d'avviamento.

L'arco semi-cilindrico ha nella sua parte interna i contatti terminali di un gruppo di 100 linee di Stazioni, disposte in due file di 50 ciascuna.

I contatti sono numerati orizzontalmente, cominciando in alto da sinistra a destra.

La prima fila comprende le linee delle Stazioni dal N. 0, al N. 49; la seconda quella dal N. 50 al N. 99. Ogni linea ha quattro contatti terminali, di cui: due per linea stessa e due per i circuiti di selezione.

I cercatori primarî di linea funzionano in gruppi di 10 e siccome ciascun gruppo serve 100 linee di Stazioni e i contatti terminali delle dette 100 linee sono nello stesso ordine ripetuti in ciascuno dei 10 cercatori, così l'arco di essi è detto anche « Campo Multiplo ».

L'equipaggiamento mobile o carrello porta spazzole (fig. 422) è formato da un asse verticale, parallelo all'asse dei contatti terminali dell'arco, e girevole fra due cuscinetti fissati nel telaio dell'arco stesso. Detto asse è provvisto di un collettore della linea ausiliaria. Sull'asse sono fissate le spazzole disposte in due bracci diametralmente opposti di quattro spazzole ciascuno, in contatto diretto col collettore della linea ausiliaria.

I contatti delle spazzole, come quelli del campo multiplo, sono disposti in modo che una metà delle file, per esempio quelle orizzontali dispari, sono strisciate da una serie di spazzole durante una metà della rotazione.

L'asse porta alla sua base un disco graduato e un disco dentato.

Funzionamento. — Quando una stazione di un gruppo (come abbiamo detto, le stazioni sono divise in gruppi di 100 ciascuno) toglie il ricevitore dal gancio, il corrispondente gruppo di 10 cercatori primari di linea si mette in movimento. Non appena una spazzola di uno dei cercatori, strisciando su contatti del multiplo, trova quelli corrispondenti alla linea chiamante, il cerca-

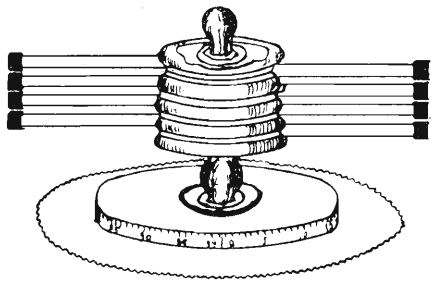


Fig. 422.

Carrello portaspazzole del cercatore di linea

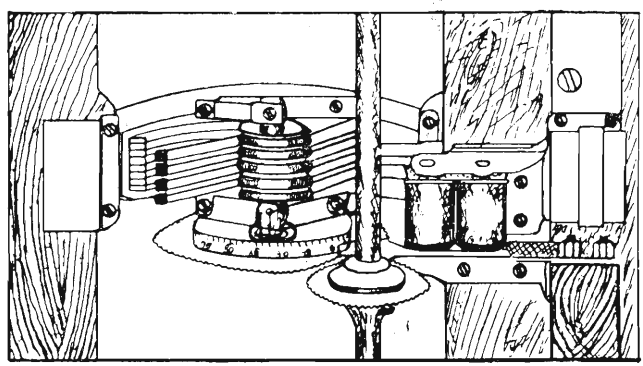


Fig. 423.

Cercatore primario di linea

tore si ferma istantaneamente, e con esso si fermano anche gli altri, purchè al tempo stesso altra stazione di quel gruppo non chiami. Che se al tempo stesso altra stazione di quel gruppo chiamasse, i cercatori (poichè uno si è fermato per effetto della chiamata della prima stazione) girano, finchè un altro cercatore trovi la seconda stazione chiamante. Così avverrà successivamente, se contemporaneamente o successivamente altre stazioni del centinaio ossia del gruppo, chiameranno. Da ciò si comprende che un gruppo di 100 stazioni è

servito contemporaneamente da 10 cercatori primarî di linea e per conseguenza su di un gruppo di 100 stazioni, possono essere stabilite 10 comunicazioni al tempo stesso.

Il movimento del cercatore di linea avviene nel modo seguente:

Quando la stazione di un gruppo stacca il ricevitore dal gancio, fa funzionare il proprio relais di linea. Questo a sua volta aziona altri relais, i quali chiudono i circuiti dell'elettrocalamita.

Essa, eccitandosi, lascia libero il disco dentato, il quale ingrana nella ruota d'avviamento e la segue nella sua rotazione.

Appena una spazzola trova la linea chiamante, la elettrocalamita viene disinnestata istantaneamente, il disco dentato a sua volta si disinnesta dal disco d'avviamento, e il cercatore si arresta istantaneamente.

In tal modo, la linea della stazione chiamante, per mezzo della linea ausiliaria, è prolungata fino agli archi dei cercatori secondari di linea.

Cercatore secondario di linea. — Il cercatore secondario di linea è in tutto eguale al primario, con la differenza che, mentre nell'arco a campo multiplo del primo fanno capo le linee delle stazioni, nell'arco del secondo fanno capo le linee ausiliarie, cioè le 100 parti rotanti dei 100 cercatori primarî di linea.

I corrispondenti contatti degli archi di ciascun cercatore secondario, come nei cercatori primarî, sono collegati tra di loro, e ne costituiscono un campo multiplo, di modo che uno qualunque dei cercatori secondarî, purchè sia libero, può venire connesso con una linea ausiliaria, ossia con la parte rotante del cercatore primario di linea.

Funzionamento. — Quando una linea di stazione è stata prolungata dall'arco o campo multiplo del cercatore primario di linea, all'arco o campo multiplo del cercatore secondario per mezzo della linea ausiliaria, la parte mobile del medesimo è messa in rotazione.

Appena una spazzola trova la linea ausiliaria, il cercatore si ferma e si fermano pure gli altri che con esso erano in rotazione.

In tal modo la linea ausiliaria è prolungata al gruppo di connessione, o circuito di cordone di cui fa parte il cercatore secondario che è stato connesso.

Cercatore di registratore. — Il cercatore di registratore, è simile agli altri cercatori precedentemente descritti, con la differenza che ai terminali dell'arco, o campo multiplo di questo, fanno capo i registratori.

Funzionamento. — Quando il cercatore secondario si è connesso con una linea ausiliaria, la linea della stazione chiamante è prolungata al cercatore di registratore.

La parte mobile di questo cercatore si mette in rotazione alla ricerca di un registratore libero, e appena ne trova uno, questo viene connesso con la linea. Su di essa è allora inviata una corrente della frequenza di 400 periodi, determinante nel ricevitore della stazione chiamante, un suono continuo, detto di « Centrale libera ».

Da questo momento, la stazione chiamante può comporre col proprio disco combinatore, il numero della stazione desiderata.

Registratore. — Il registratore registra il numero combinato dalla stazione chiamante per mezzo del proprio disco combinatore, e a sua volta lo trasmette agli organi che dovranno selezionare la linea della stazione chiamata.

Esso rappresenta l'operatore (o l'operazione) di una centrale manuale; il quale dopo aver udito dalla stazione chiamante il numero della stazione desiderata, cerca il detto numero nel suo commutatore, vi introduce la spina, ed effettua la chiamata stessa.

Il registratore sottrae gli organi della selezione dal comando diretto dalla stazione chiamante. Infatti nei sistemi « passo a passo », gli impulsi inviati dalla stazione chiamante sono ricevuti dal selettore, mentre nel sistema W. E. gli impulsi stessi sono ricevuti dal registratore.

La sua precisione e la sua leggerezza, non disgiunte da solidità, gli consentono di essere atto ad un funzionamento pronto e sicuro, per quanto diverse possano essere le condizioni in cui può trovarsi a funzionare un apparecchio telefonico lontano dalla centrale.

Il registratore ha le seguenti proprietà:

1°) La precisa registrazione del numero combinato dalla stazione.
2°) La precisa selezione della linea corrispondente al numero stesso.
3°) L'immagazzinamento (per così dire) del numero.

Nel caso particolare che per eccezionale densità di traffico in tutto o in parte gli organi selettivi nella loro successione fossero occupati, il numero immagazzinato viene ritrasmesso man mano che essi restano disponibili.

Il suo impiego permette inoltre di tradurre in diverso modo il numero registrato, rendendo così possibile di soddisfare ad esigenze varie di servizio ed eventualità.

Funzionamento. — Il funzionamento del registratore è controllato da due combinatori: uno di entrata - uno d'uscita degli impulsi.

Il primo serve ad indirizzare successivamente sugli alberelli registratori le serie di impulsi inviati per mezzo del disco combinatore dalla stazione chiamante; il secondo, serve ad instradare verso gli organi della selezione gli impulsi rinviati dai singoli alberelli del registratore.

Registratore del numero. — Quando un utente invia il numero della stazione desiderata non fa altro che formare col disco combinatore un numero corrispondente a quello desiderato.

Formando col disco combinatore una cifra qualsiasi, s'invia sulla linea una serie di impulsi corrispondenti alla cifra formata.

Supponiamo di dover chiamare la stazione 2468. Formando la prima cifra (2) si trasmettono sulla linea due impulsi, i quali fanno fare al corrispondente registratore delle migliaia due passi. Formando la seconda cifra (4), si trasmettono quatto impulsi, per i quali il registratore corrispondente delle centinaia fa quattro passi, e così via; 6 passi per le decine ed otto per le unità.

Selettore di gruppo. — Con la connessione del secondo cercatore di linea ausiliaria, oltre al cercatore di registratore, è stato pure connesso il corrispondente selettore di gruppo.

Il selettore di gruppo è costituito da cinque parti essenziali:

1°) Un arco o campo multiplo semi-cilindrico nella parete interna del quale sono disposti in 10 ordini di file orizzontali (livelli) i contatti terminali di altrettante serie di linee di giunzione, aventi tre contatti ciascuno, disposti in uno stesso piano verticale.

La capacità del campo multiplo è di 220 linee, in ragione di 22 linee per ciascuna fila o livello.

Nel nostro caso a ciascun livello fanno capo le linee di giunzione verso altrettanti selettori finali, corrispondenti ad un determinato gruppo di 100 stazioni ciascuno.

2°) Un equipaggiamento mobile o carrello portaspazzole, costituito ad un asse verticale parallelo all'asse del cilindro, sul quale è fissato un collettore che prolunga la linea della Stazione a una serie di spazzole.

Queste sono fissate in un piano verticale, e sono multiplicate su 10 livelli, corrispondenti a ciascuno dei livelli del campo multiplo.

3°) Un selettore di livello (sganciaspazzole), costituito da un asse verticale portante 10 sporgenze dette speroni, disposte ad elica, ciascuna delle quali è situata a livello di una delle serie di spazzole.

L'asse del selettore di livello può assumere undici posizioni.

Nella prima, detta di riposo, nessuna sporgenza è nella direzione delle spazzole; nelle altre 10 invece, dette di lavoro, la rispettiva sporgenza viene a trovarsi in direzione di una determinata serie di spazzole.

Per effetto della selezione (centinaia) l'asse del selettore di spazzole occupa la posizione corrispondente agli impulsi inversi del centinaio trasmesso.

4°) Un doppio dispositivo elettro-magnetico di movimento.

a) Per il selettore di livello.

b) Per il carrello portaspazzole.

a) L'elettromotore del selettore di livello (sganciaspazzole) è così costituito:

Un disco di movimento è fissato, per accoppiamento flessibile, sull'asse motore, e partecipa del suo movimento, mentre un'espansione polare dell'elettrocalamita è fissata sull'asse del selettore di spazzole. Esso resta fermo finchè l'elettrocalamita non è eccitata; ma non appena una corrente circola nell'avvolgimento, l'espansione polare dell'asse selettore si magnetizza, attrae il disco, e ne segue il movimento.

b) Sull'asse del carrello portaspazzole è fissato, per mezzo di un disco flessibile, un anello di ferro, sul bordo del quale ruota la espansione polare in ferro di un elettrocalamita, avente per nucleo l'asse motore azionato da movimento continuo.

Normalmente l'espansione polare dell'elettrocalamita non esercita alcuna azione sul carrello portaspazzole; ma non appena una corrente alimenta la elettrocalamita, l'espansione polare si magnetizza e attrae l'anello di ferro, trascinandolo nel suo movimento rotatorio, e il carrello portaspazzole gira.

Quando cessa l'azione della corrente, cessa l'attrazione e il carrello si arresta.

5° Un freno elettromagnetico, costituito da un'elettrocalamita intieramente fissa, situato sotto il disco di trascinamento del carrello, donde i nuclei possono attrarre o rilasciare il disco, per evitare ulteriori movimenti provocati da magnetismo residuo o per inerzia.

L'azione del freno è brevissima e si produce nell'istante in cui la corrente azionante l'elettrocalamita di trascinamento è interrotta; costituisce così l'ultimo periodo di movimento del carrello portaspazzole.

Funzionamento. — Il funzionamento del selettore di gruppo è il seguente:

L'asse del selettore di livello (sganciaspazzole), e quello del carrello portaspazzole, sono fissati nel piano diametrale di faccia all'arco dei contatti; nello stato di riposo, le spazzole sono tutte agganciate, e si trovano in questo piano diametrale; mentre un selettore neutro (o cilindro riagganciaspazzole) è di fronte un po' indietro ai contatti.

La selezione avviene in due tempi: la prima sotto l'azione indiretta degli impulsi trasmessi dalla stazione chiamante, e consiste nel dare al selettore di livello (sganciaspazzole), un movimento di rotazione di una ampiezza tale che

lo sperone corrispondente al livello del gruppo di spazzole da scegliersi sia condotto di fronte ad esso.

La seconda parte si effettua automaticamente, senza intervento di alcun impulso. Il carrello portaspazzole è messo in movimento incontrando lo sperone sporgente del selettore di livello; la corrispondente serie di spazzole è sganciata.

Il carrello portaspazzole si arresta non appena le spazzole sganciate incontrano una linea ausiliaria disponibile, e collega un selettore finale (o un secondo selettore di gruppo) col circuito di connessione di cui esso carrello portaspazzole fa parte.

Il selettore di gruppo è controllato dall'azione indiretta degli impulsi emessi dalla stazione chiamante.

Questi impulsi agiscono sull'elettromotore formante il dispositivo d'accoppiamento del selettore del gruppo col movimento meccanico continuo.

Selettore finale. — Il selettore finale è analogo al selettore di gruppo già descritto, con la sola differenza che la capacità del suo campo multiplo è di 200 metri di contatti, ossia di 200 linee.

Le 100 serie di contatti di sinistra in 10 ordini orizzontali di 10 serie ciascuno, costituiscono il primo centinaio (pari); le 100 di destra, disposte nello stesso modo, costituiscono il secondo centinaio (dispari).

Analogamente a quanto abbiamo detto per il selettore di gruppo per effetto della selezione delle unità, il carrello portaspazzole compie tanti passi quanti ne corrispondono gli impulsi inversi delle unità trasmesse, venendo ad occupare la posizione corrispondente alla linea della stazione chiamata compresa in un centinaio pari. Quando invece detta stazione è compresa in un centinaio dispari, il registratore fa fare al carrello portaspazzole 10 passi supplementari per raggiungere la linea delle stesse unità ma del centinaio dispari.

Funzionamento. — Il funzionamento del selettore finale è il seguente:

Allorchè lo sganciaspazzole, sotto l'azione indiretta degli impulsi della decina trasmessa dalla stazione chiamante occupa la posizione corrispondente agli impulsi, il carrello portaspazzole, mettendosi in movimento, incontra lo sperone dello sganciaspazzole corrispondente a detta decina: la relativa serie di spazzole viene sganciata e spinta in avanti, ed è obbligata a sfregare successivamente sui contatti delle linee costituenti la decina stessa; le altre serie di spazzole non sganciate restano nella loro rispettiva posizione di riposo.

Se la linea richiesta fa parte del centinaio pari, il carrello portaspazzole compie tanti passi quanti ne corrispondono agli impulsi inversi dell'unità trasmessa dalla stazione chiamante, arrestandosi di fronte ai contatti della

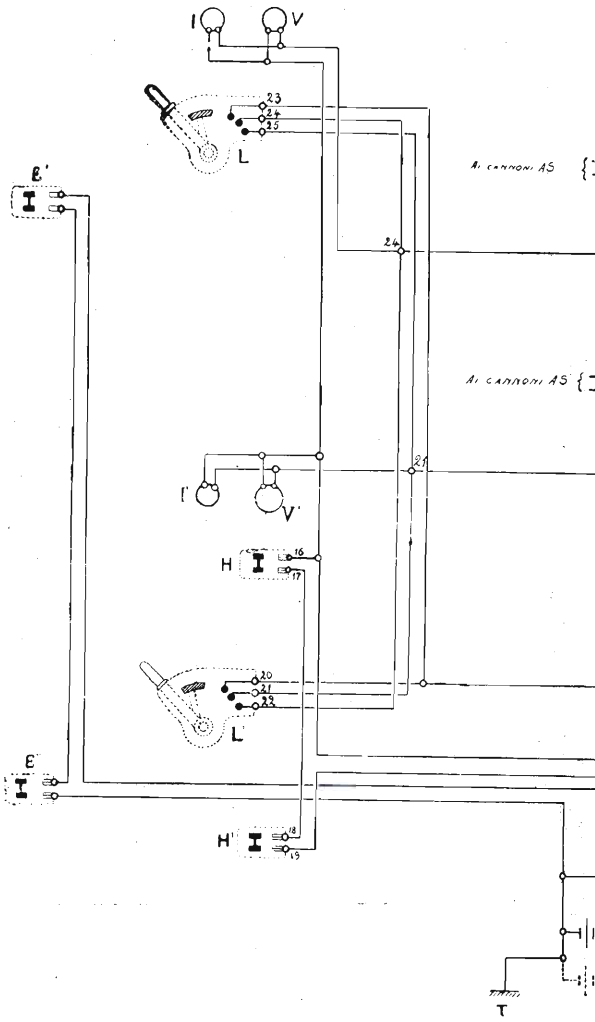
A	Batteria di accumulatori al ferro nichel da 12 volt e 40 amp. ora.
B	Indicatore di brandeggio.
C-C¹	Cannelli.
D-D¹	Commutatore a tre vie pel tiro ridotto.
E	Indicatore di elevazione.
E'-E''	Leve a pedale dei puntatori.
F	Lampadino che indica torre in punteria (Avviso) al Cap. Imp.
H	Interruttore comandato dall' innesto congegno di mira.
H'	Interruttore comandato dall'antipressione.
l-l¹	Lampadini spia.
L-L¹	Leve di sparo dei puntatori.
M	Leva del capo-torre di sparo a distanza.
N	Commutatore del capo-torre.
O-O¹	Contatti sicurezza otturatori.
R R¹	Contatti di rinculo.
S-S¹	Interruttori serventi.
T	Presa di terra degli accumulatori.
T'-T''	Presa di terra dei cannelli.
V-V¹	Voltmetri di prova.
V''	Voltmetro per controllo della tensione della batteria inserita.

M

- Posizione 1 - Circuiti interrotti.
- Posizione 2 - Prova circuito.
- Posizione 3 - Avviso di torre pronta.
- Posizione 4 - Fuoco.

N

- Posizione 0 - Fuoco meccanico dei puntatori e circuiti elettrici interrotti.
- Posizione 2 - Fuoco elettrico a distanza o a mano dal capo torre con punteria asservita.
- Posizione 3 - Fuoco a mano del capo torre con punteria indipendente.
- Posizione 4 - Fuoco elettrico dei puntatori.



Circuito di sp

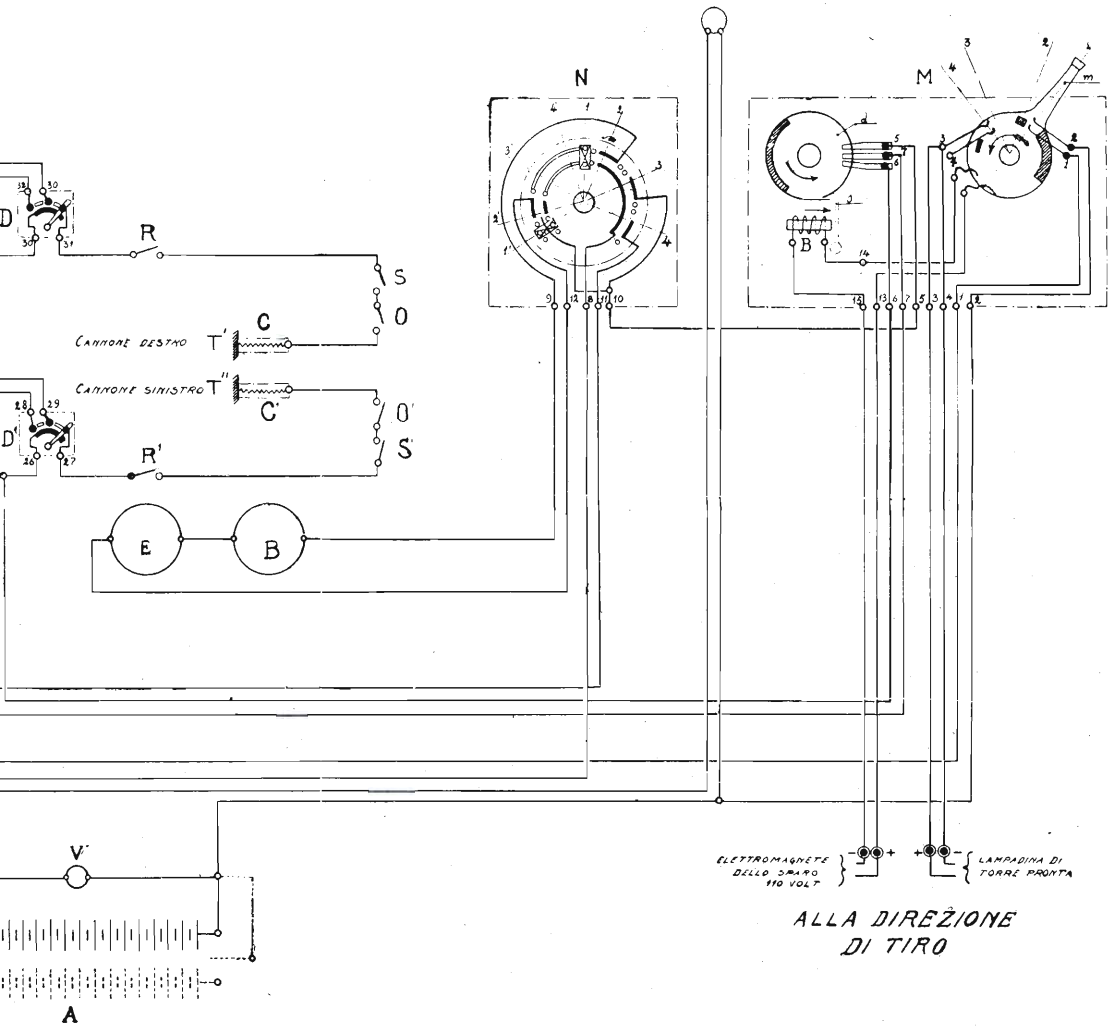


Fig. 424.

Torre binata da 203 - Schema generale collegamenti elettrici

R. N. « Trento »

linea richiesta. Se invece detta linea fa parte del centinaio dispari, un dispositivo di correzione del registratore per le centinaia dispari, gli fa fare ancora 10 passi supplementari, ed il carrello va a fermarsi di fronte alla linea della stessa unità e decina, ma nel centinaio dispari richiesto.

Il selettore finale è comandato dall'azione indiretta degli impulsi della stazione chiamante.

Detti impulsi non agiscono direttamente sul selettore di livello (decine) o sul carrello portaspazzole (unità) attraverso gli organi già connessi con la linea chiamante, ma soltanto sugli elettromotori costituenti il dispositivo di accoppiamento del selettore finale col movimento meccanico continuo.

Come avviene una comunicazione tra due Stazioni. — Le linee sono divise in gruppi di 100, e ciascun centinaio è servito da un gruppo di dieci cercatori primari di linea.

Quando una stazione sgancia il ricevitore del proprio apparecchio, il corrispondente relais di linea della centrale si attrae. Con tale attrazione, il gruppo di 10 cercatori primari che serve il centinaio di linee di cui essa stazione fa parte, si mette in movimento, ed il primo di essi che trova detta linea si ferma istantaneamente, mettendosi in comunicazione con essa.

La linea è così prolungata ai cercatori secondari, e quelli di essi che sono disponibili, si mettono in movimento alla ricerca di detta linea prolungata. Il primo che la trova, si ferma istantaneamente e con essa si connette.

Un circuito di cordone è in tal modo stabilito e comprende oltre che il detto cercatore secondario, anche il cercatore di registratore ed il selettore di gruppo.

Come in una centrale manuale il circuito di cordone comprende: la spina di risposta — una chiave di ascolto e la spina di chiamata nell'autocommutatore, così i qui detti organi sono rappresentati nella successione: dal cercatore secondario (spina di risposta), dal cercatore di registratore (chiave di ascolto), e dal selettore di gruppo (spina di chiamata).

Come un commutatorista nella centrale manuale, per mezzo della chiave di ascolto, si include nella linea chiamante dicendo « pronto », così nell'autocommutatore il cercatore di registratore ruota alla ricerca di un registratore libero e appena lo trova, questi si connette e subito invia il segnale di « centrale libera » equivalente al « pronto » del commutatorista della centrale manuale.

Questa successione di movimenti avviene in due o tre secondi, ma comunque sia è necessario di attendere il segnale: « centrale libera » prima di cominciare a formare il numero, e ciò quand'anche, in un momento di traffico eccezionale nell'autocommutatore, il segnale dovesse alquanto ritardare.

Da questo momento, la stazione chiamante può cominciare a formare il numero della stazione desiderata. Le cifre inviate dalla stazione chiamante per mezzo del proprio disco combinatore sotto forma di interruzioni, fanno agire il registratore, il quale si dispone subito a far funzionare gli organi della selezione e cioè un selettore di gruppo e un selettore finale.

Il registratore, ricevuto e registrato il numero per la cifra delle centinaia, fa sì che il selettore di gruppo si muova alla ricerca di un selettore finale libero ove trova la linea della stazione desiderata.

Il selettore finale libero col selettore di gruppo, e conseguentemente col registratore, agirà per mezzo delle cifre delle decine e delle unità registrate dal registratore, e stabilirà così la comunicazione con la stazione desiderata, la quale riceverà la chiamata con tratti di corrente periodici.

Anche questo movimento di organi avviene nello spazio di pochi secondi.

Averlo spiegato nella sua successione, sarà stato utile per far comprendere quanto sia necessario attenersi alle « norme per l'uso del telefono automatico », le quali prescrivono per la formazione del numero, di introdurre un dito nel foro contrassegnato con la cifra nell'ordine in cui si legge il numero stesso; girare il disco nel senso in cui girano le lancette dell'orologio sino al punto d'arresto, e ritirare quindi il dito lasciando che il disco stesso torni liberamente alla posizione di riposo.

Si ripete successivamente l'identica operazione per le altre cifre componenti il numero che si vuol chiamare.

Qui è uopo spiegare che le cifre come si è già detto per la centrale S.S. non vengono trasmesse nell'atto in cui il disco è manovrato dal dito; bensì allorquando il disco stesso, lasciato libero, torna allo stato di riposo. Ciò è molto opportuno, perchè, in tal modo, le interruzioni sono regolate nell'uniformità e velocità dal meccanismo, mentre non sarebbe così se la trasmissione dell'interruzione avvenisse quando il movimento del disco è regolato dal dito dell'operatore.

Da ciò, la raccomandazione che il disco sia lasciato tornare liberamente alla posizione di riposo.

Abbiamo detto sopra che la stazione desiderata riceverà la chiamata con tratti di corrente periodica. Se essa sarà occupata, la connessione non si stabilisce e la stazione chiamante percepirà nel proprio ricevitore un suono intermittente a tratti brevi. Se invece sarà libera, la connessione si effettuerà e la stazione chiamante percepirà nel ricevitore un suono intermittente, ma a tratti prolungati.

CAPITOLO XXXIII

Impianti elettrici per il servizio delle artiglierie

§ 165 — Circuiti di sparo

Nei cannoni di medio e grosso calibro, l'accensione della carica viene provocata con doppio sistema, e cioè con sistema meccanico a percussione e con sistema elettrico. L'accensione elettrica si ottiene facendo attraversare al momento dello sparo una corrente elettrica in un ponticello di platino situato nell'incentivo della carica. Il ponticello si arroventa e determina l'accensione. L'alimentazione per l'accensione elettrica dei pezzi viene fornita da una batteria di accumulatori o da un dinamotore. Il circuito di accensione è così formato: uno dei capi della sorgente (batteria o dinamotore) è alla terra, l'altro estremo è collegato allo stelo del percuotitoio, isolato elettricamente dal cannone. Il filo di platino nel cannello dell'incentivo è collegato per un estremo ad un cappelletto situato sul fondello del cannello stesso ed isolato elettricamente per mezzo di una ghiera di ebanite, l'altro estremo è invece connesso al cannello e quindi alla massa. Lo stelo, ad otturatore chiuso, va a contatto col cappelletto dell'incentivo.

Sul tratto del circuito che collega la batteria allo stelo, è situato l'interruttore che comanda l'accensione. Agendo sul grilletto di una pistola fissata sull'affusto si aziona, mediante un sistema di leve, il congegno di scatto per il fuoco a percussione, e contemporaneamente anche l'interruttore a leva del circuito di accensione elettrica.

Derivato sui contatti di questo interruttore, e posto al disopra della pistola stessa, si trova un vibratore od avvisatore di fuoco, costituito come un ordinario campanello. Ad otturatore chiuso, con carica e cannello a posto, il circuito resta chiuso attraverso il vibratore che entra in funzione, ma data la forte resistenza di questo, la corrente che circola nel ponticello non è suffi-

centemente intensa per provocare l'accensione; questa perciò avviene solo quando per mezzo dell'interruttore si chiude in corto circuito il vibratore.

Per i pezzi delle torri binate o trinate, il circuito di accensione è sistemato in modo da poter ottenere l'accensione singolarmente per ciascun cannone, oppure contemporaneamente.

La fig. 425 mostra schematicamente un circuito per impianto binato. Quando si lascia aperto l'interruttore C_p, il fuoco dei due cannoni è indipendente, cioè chiudendo la pistola P_2, si ottiene l'accensione dell'incentivo 2, chiudendo la P_1, quella dell'incentivo 1. Quando si chiude C_p, si ottiene l'accensione contemporanea dei due incentivi chiudendo o la pistola P_1 o la P_2,

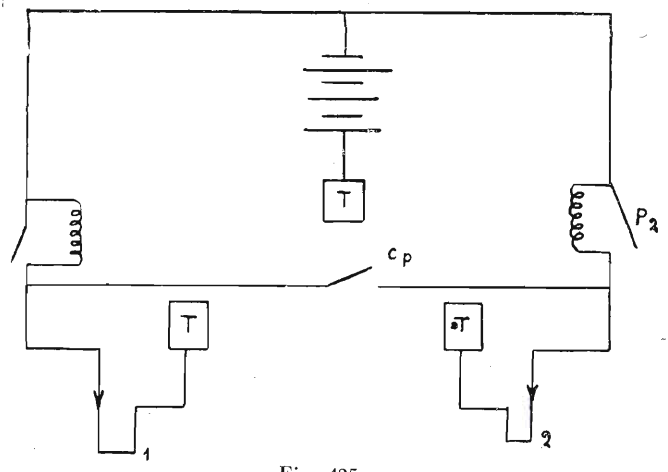


Fig. 425.

La fig. 426 rappresenta lo schema del circuito di accensione per una torre trinata.

Per le artiglierie che hanno tanto lo sparo elettrico quanto quello a percussione, quest'ultimo deve considerarsi, come mezzo di riserva.

Nel circuito di sparo descritto, con cannone carico, la punta del percuotitoio deve essere a contatto con il cannello. Contemporaneamente alla chiusura dell'interruttore di sparo, deve scattare anche la massa battente del percuotitoio. Il circuito è generalmente disposto in modo che lo sparo elettrico possa essere eseguito direttamente dal solo puntatore in elevazione. Il fuoco a percussione deve poter essere eseguito indifferentemente sia dal puntatore in elevazione che da quello in direzione. Il puntatore in direzione per effettuare il fuoco elettrico, agisce invece meccanicamente sull'interruttore di sparo

del puntatore in elevazione mediante opportuno collegamento meccanico fra le due leve di sparo.

Con la punteria asservita ad indice e controindice, la corrente di sparo passa attraverso gli apparecchi ricevitori di punteria o attraverso appositi relais da questi comandati; esiste inoltre in questo caso un interruttore di sicurezza inserito nel circuito (V. paragrafi seguenti).

Per gli impianti binati di coperta, è possibile effettuare o il solo fuoco elettrico contemporaneo, o solo quello a percussione agendo su una delle due pistole (pezzo di D_r o pezzo di S_n), è escluso cioè che i due sistemi possano essere adoperati contemporaneamente.

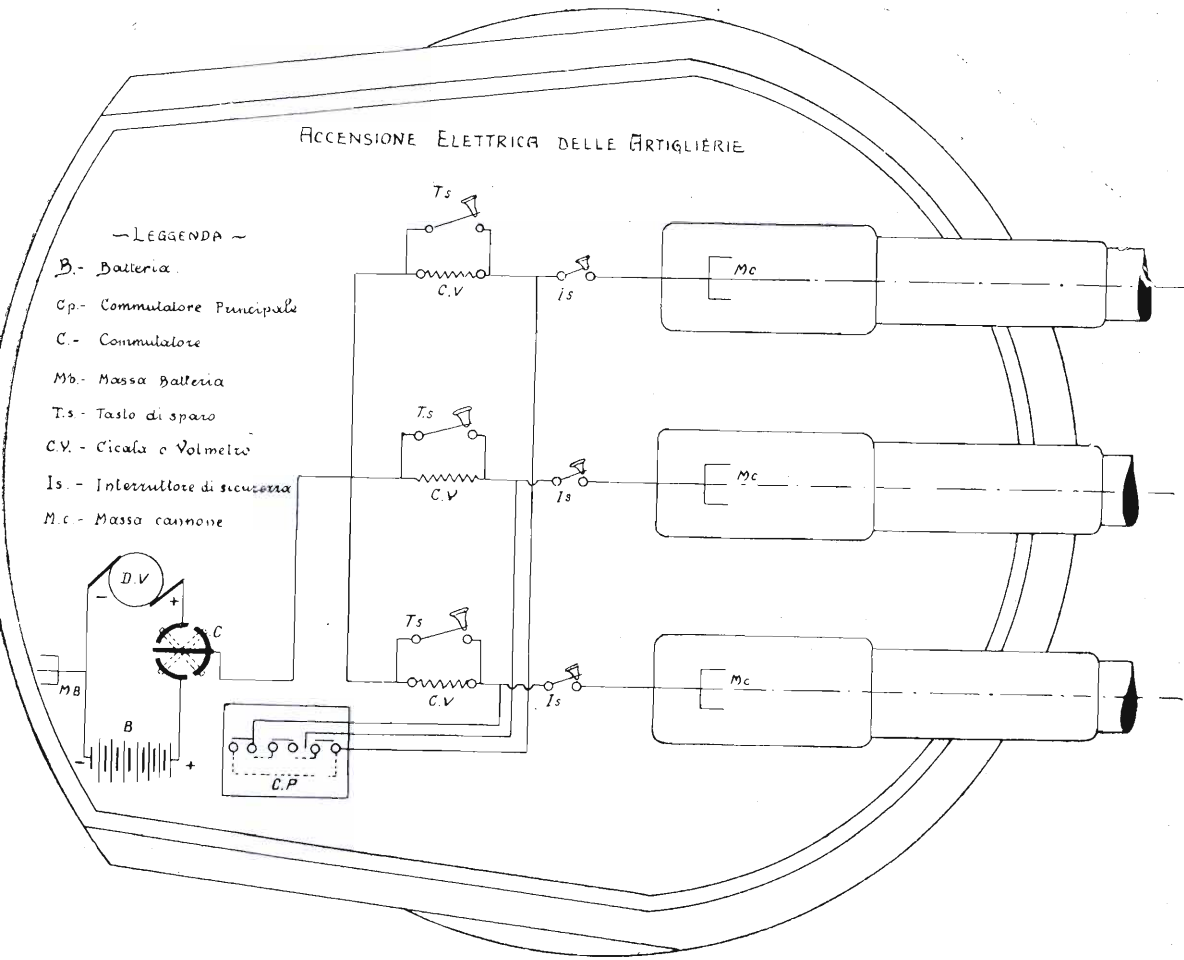


Fig. 426.

Il fuoco sia elettrico che a percussione viene sempre effettuato agendo sullo stesso comando.

Poichè, come si è visto nei circuiti di sparo il ritorno è fatto attraverso la massa, è necessario che l'isolamento dei circuiti sia molto curato. Inoltre si dovrà curare il funzionamento dell'interruttore di fuoco, dell'interruttore di sicurezza, (se il pezzo ne è fornito), e dell'avvisatore di fuoco (vibratore).

Le prove di funzionamento del circuito si possono eseguire adoperando un cannello già sparato. Se l'avvisatore di fuoco funziona senza che il cannello sia a posto vuol dire che il circuito di sparo è in dispersione.

Molta cura è necessaria sia nella manutenzione, sia nella preparazione dei circuiti di sparo, sia nella verifica e nell'approntamento dei cannelli. I « penzoli » che fanno parte del circuito possono essere facilmente strappati durante le manovre di apertura e di chiusura dell'otturatore; essi perciò devono avere una lunghezza opportuna e seguire il percorso che meno li esporrà alla rottura. I piccoli manicotti ed innesti di collegamento, assai facilmente sono soggetti a svitarsi per le scosse, interrompendo il circuito. L'interruttore automatico di sicurezza deve essere ben regolato. Spesso la punta dello stelo si storce ed il contatto con la capsula non avviene. Può inoltre accadere che il circuito non funzioni perchè la punta dello stelo è sporca di grasso che impedisce un buon contatto elettrico con la spazzola. Poichè inoltre potrebbero anche verificarsi mancate accensioni per causa dei cannelli, è necessario che questi vengano preparati pulendone le capsule con tela smeriglio finissima e sgrassandole con benzina evitando poi di toccarle con le dita. E' buona norma anche verificare a bordo la resistenza interna di ogni singolo cannello. Questa operazione deve essere eseguita con la dovuta cautela per impedire infortuni. La misura viene effettuata con il ponte di Wheatstone (V. fig. 427). L'alimentazione del ponte viene fatta come è indicata in figura, con una sola pila avente in serie, per limitare il valore della corrente che attraversa il cannello, una resistenza R. Il cannello è sistemato in un apposito apparecchio costituito di due pezzi di bronzo, di cui uno contiene il cannello mentre l'altro è munito di una punta uguale a quella del percuotitoio la quale poggia sulla capsula.

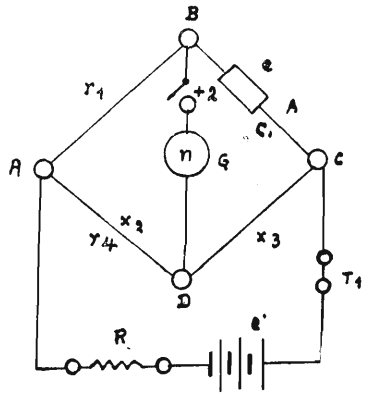


Fig. 427.

Perchè la misura sia affetta dai minimi errori, è necessario che r_1, r_3, r_4 (fig. 427 siano dello stesso ordine di grandezza della resistenza del cannello:

poichè la corrente che attraversa il cannello non deve superare il valore di 0,03 A. è conveniente dare alla resistenza R, adoperando una pila normale (1,5 volt), un valore non inferiore a 50 ohm. La resistenza del cannello non deve risultare inferiore ad 1,2 ohm. Per condurre rapidamente la prova non è necessario azzerare per ogni cannello il galvanometro g. del ponte, ma posto ad esempio $r_1 = 12$ ohm, $r_3 = 1$ ohm, $r_4 = 10$ ohm il galvanometro risulta azzerato per tutti i cannelli che hanno una resistenza di 1,2 ohm, devierà invece da una parte se la resistenza è inferiore ad 1,2 ohm, e dall'altra se è superiore. Determinato quindi quale è il senso di deviazione corrispondente a resistenze superiori ad 1,2 ohm, basterà scartare tutti i cannelli che messi in circuiti fanno deviare il galvanometro in questo senso.

Recenti esperienze ordinate dal Ministero, per controllare sui circuiti di accensione delle artiglierie i possibili effetti induttivi dovuti alle altissime frequenze delle radiazioni ad onde corte, hanno permesso di constatare praticamente che, in particolari circostanze, con potenze molto rilevanti e con accoppiamenti molto stretti, è possibile indurre nei circuiti di sparo, correnti tali da provocare l'accensione intempestiva dei cannelli, anche con interruttori di sparo aperti. Quantunque difficilmente possono verificarsi queste condizioni, pur tuttavia è opportuno che vengano adottate le precauzioni seguenti:

a) I telai delle batterie di accumulatori dei circuiti di sparo devono essere rinchiusi in apposite cassette metalliche con sfogatoi di aria, posti superiormente ed a collo d'oca.

b) I circuiti d'accensione dei pezzi devono essere accuratamente schermati con trecce metalliche in ottime condizioni, poste sicuramente alla massa, con connessioni e saldature alle cassette ed accessori del circuito, ed estesa a tutto indistintamente il circuito stesso.

Non deve essere escluso dalla schermatura nessun tratto anche brevissimo.

Per quanto difficile sia il caso di correnti indotte per radiazioni ad altissima frequenza (onde corte), nei lunghi circuiti per l'accensione a distanza dei cannelli sarà opportuno pure:

c) Verificare che le armature dei vari tratti di cavo P. A. dei circuiti di accensione a distanza siano a terra in modo sicuro. Le disposizioni date dal Ministero devono essere senz'altro applicate in tutti i circuiti di accensione di nuova sistemazione ed in quelli in corso di trasformazione o di riparazione.

Per gli altri circuiti saranno applicate per quanto possibile a cura dei Comandi di bordo, con particolare attenzione sulle navi fornite di apparati R. T. trasmittenti ad onde corte.

§ 166 — Cenni sugli impianti per la direzione del tiro

GENERALITÀ.

Sulle RR. NN. tipo Trento e sui moderni Esploratori e C. T. sono sistemate le apparecchiature di direzione del tiro tipo R. M. (O.G. e S.G.).

Lo scopo di queste è di ottenere in ogni istante l'alzo ed il cursore e gli angoli di punteria per il tiro navale, e trasmetterli ai pezzi (V. Manuale dell'Elettricista parag. 95).

Gli apparecchi elettrici più importanti che fanno parte di queste installazioni sono:

1°) Dispositivo di trasmissione d'ordini a distanza e Ricevitori d'ordini e di punteria.
2°) Dispositivo di asservimento.
3°) Gimetro.
4°) Dispositivi per dare moto continuo agli strumenti meccanici della centrale di tiro.
5°) Fonici per il comando del fuoco.
6°) Alimentazione elettrica generale della sistemazione.

TRASMETTITORI ELETTRICI.

Generalità. — La trasmissione d'ordini a distanza viene eseguita in vari modi, ma quasi sempre occorrono apparecchi univoci, cioè tali che ad ogni posizione del trasmettitore, corrisponda una ed una sola posizione del ricevitore o dei ricevitori.

Ciò permette di mettere in circuito in qualsiasi istante un ricevitore, senza che sia necessaria alcuna operazione preliminare di messa in fase, ed inoltre elimina la possibilità di sfasamenti durante il funzionamento.

I dati che devono essere trasmessi ad ogni organo asservito, sono generalmente introdotti col metodo di « riporto a zero ».

Come è indicato nel Manuale dell'Elettricista (parag. 95), con questo metodo il ricevitore è munito di un solo indice mosso sia dal trasmettitore che dall'apparecchio comandato.

Quando il movimento dell'apparecchio asservito è eguale a quello del trasmettitore l'indice rimane fermo a zero.

Questo metodo ha notevoli vantaggi rispetto al sistema dei due indici, mossi rispettivamente dal trasmettitore e dall'apparecchio comandato. Difatti, mantenere in una posizione fissa un indice animato da movimento diffe-

renziale (e quindi non molto rapido) è evidentemente più facile che inseguire lungo tutto il quadrante un indice animato da movimento veloce ed oscillatorio.

I vari sistemi usati per i trasmettitori sono:

1°) Il sistema di trasmissione univoca a distanza, tipo R. Marina, a corrente alternata.
2°) Il sistema di trasmissione univoca a distanza, tipo Nuk.
3°) Il sistema di trasmissione sincronica a distanza.

Sistema di trasmissione univoca a distanza tipo R. Marina. (Vedi Manuale dell'Elettricista). — Questi trasmettitori d'ordini sono alimentati con corrente alternata e per il principio sul quale è basato il loro funzionamento, vengono anche chiamati ad « induzione ». Sia i trasmettitori che i ricevitori, uguali tra loro, dal punto di vista elettrico, sono composti di un sistema induttore (statore) e di un indotto (rotore).

Il sistema induttore consta di due avvolgimenti di eccitazione portati da due espansioni polari, diametralmente opposte.

Il rotore è invece costituito da un avvolgimento trifase a triangolo, i cui vertici fanno capo a tre anelli collettori, posti sull'asse di rotazione del rotore stesso.

Lo statore dell'apparecchio trasmettitore e quello del ricevitore (o dei ricevitori), sono alimentati a corrente alternata monofase a 50 periodi, e collegati in parallelo sul circuito di alimentazione.

Le spazzole che poggiano sui tre anelli collettori del rotore del trasmettitore sono collegate a quelle di tutti i ricevitori per modo che tutti i rotori risultano in parallelo. Ciò risulta dalla fig. 428, che rappresenta lo schema di un trasmettitore e di un ricevitore (nel caso più semplice che il trasmettitore comandi un solo apparecchio ricevitore).

Il funzionamento dell'apparecchio si basa sul fenomeno dell'induzione elettromagnetica.

Infatti, nei tre rami di ciascun avvolgimento rotorico si generano tre f.e.m. alternate, il cui valore è funzione della posizione del rotore rispetto allo statore, e più particolarmente della posizione di ciascun avvolgimento del rotore rispetto al campo alternato induttore ciò tanto per l'apparecchio trasmettitore che per l'apparecchio ricevitore.

Se i due rotori degli apparecchi trasmettitore e ricevitore, si trovano, come in figura, nella stessa posizione rispetto alle espansioni polari degli statori, le tre f.e.m. indotte negli avvolgimenti a. b. c. del trasmettitore sono uguali alle f.e.m. indotte rispettivamente negli avvolgimenti a_1 b_1 c_1 e la f.e.m.

risultante in ciascuna fase è nulla. Nessuna corrente percorre quindi gli avvolgimenti dei rotori dei due apparecchi.

Dalla figura, ciò si riscontra facilmente, osservando che le due f.e.m. generate nei due avvolgimenti, a ed a_1; (indicate e distinte in figura con due freccie di forma diversa) sono in opposizione nel circuito elettrico chiuso, costituito da due avvolgimenti suddetti e dei due conduttori che ne collegano gli estremi.

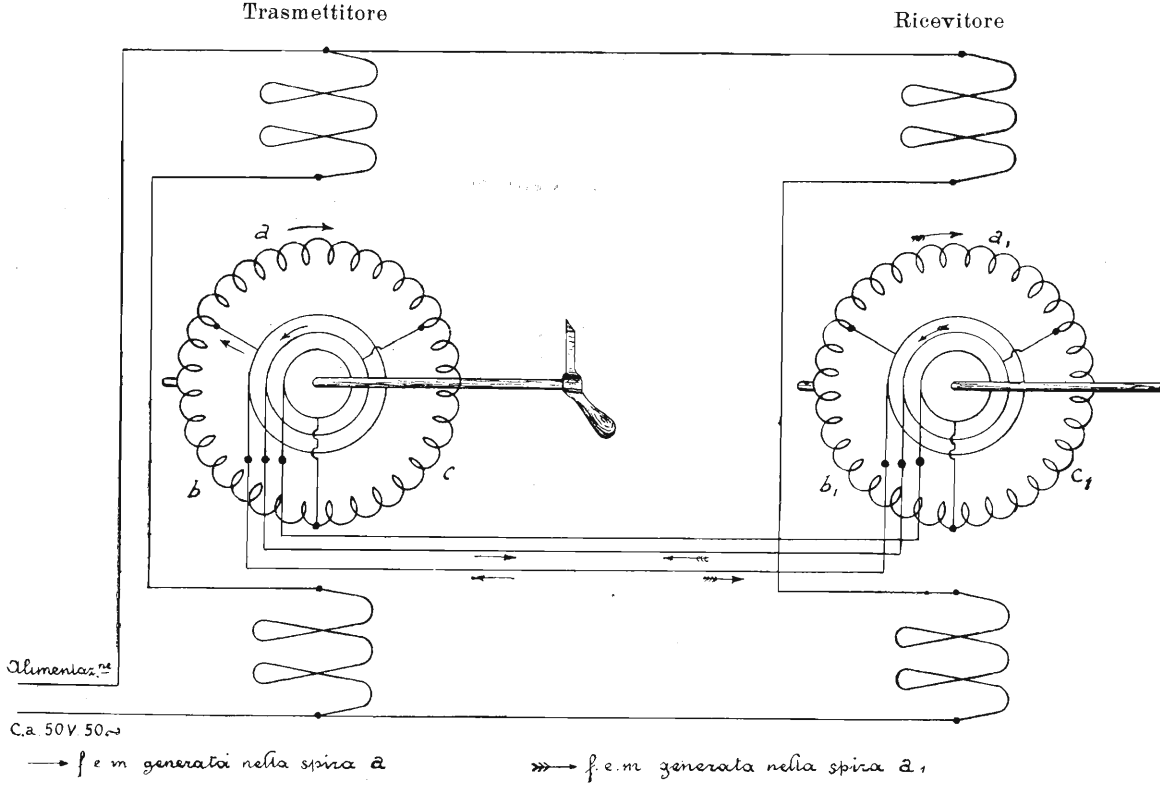


Fig. 428.

Schema trasmettitore e ricevitore a corrente alternata

Se invece i rotori dei due apparecchi trasmettitore e ricevitore non si trovano nella stessa posizione rispetto alle espansioni polari degli statori, le tre f.e.m. indotte negli avvolgimenti a.b.c. del trasmettitore, non sono uguali alla f.e.m. indotte rispettivamente negli avvolgimenti a_1 b_1 c_1, ed ammettono quindi per ciascuna copia di esse una f.e.m. risultante.

Gli avvolgimenti dei rotori dei due apparecchi vengono conseguentemente percorsi da una corrente elettrica indotta, dipendente dalla differenza di posizione dei due rotori rispetto alle espansioni polari degli statori.

Questa corrente reagisce con il campo induttore, generando una coppia che sposta il rotore del ricevitore (il rotore del trasmettitore non può spostarsi dalla posizione nella quale è stato portato).

Lo spostamento continua finchè nei due rotori non vengono generate f.e.m. eguali, cioè fino a che i due rotori non si trovano in posizioni eguali rispetto alle espansioni polari degli statori. Si può in altre parole spiegare il funzionamento di questi apparecchi, ammettendo che il trasmettitore funzioni, (sotto un certo punto di vista) da generatore ed il ricevitore da motore.

Gli apparecchi sono univoci, cioè ad una posizione del trasmettitore corrisponde una ed una sola posizione del ricevitore.

Le posizioni si corrispondono univocamente a meno *di un intervallo di incertezza*, che praticamente è tale da permettere per ogni giro di identificare sufficientemente un centinaio di posizioni.

Per maggior sicurezza, si usano non più di 50 o 60 posizioni per ogni giro.

La fig. 429 mostra elementi trasmettitori accoppiati generalmente 2 per 2 o 3 per 3.

La fig. 430 rappresenta un rotore di un elemento trasmettitore, del resto perfettamente eguale come è stato detto, al rotore di un ricevitore.

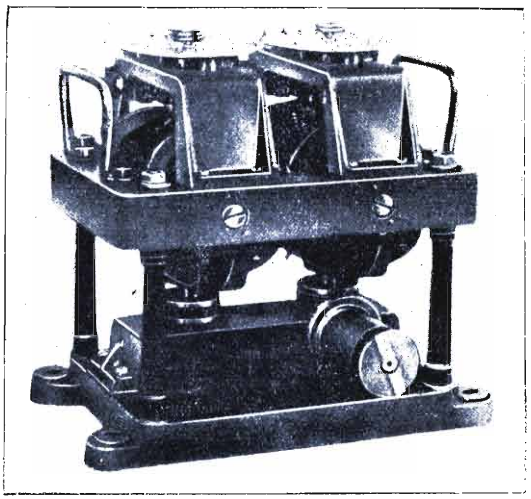


Fig. 429.

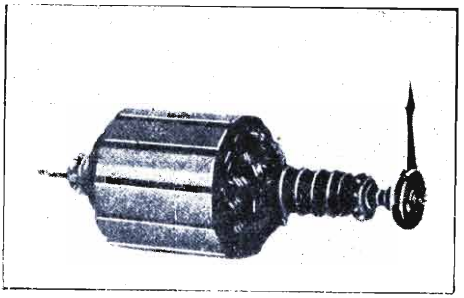


Fig. 430.

Nella fig. 431 invece è rappresentato un elemento ricevitore completo ed uno smontato.

E' bene ricordare che i principali vantaggi di questi trasmettitori sono:

1°) Nessuna influenza sul loro funzionamento delle variazioni della tensione di bordo, che agisce su tutti gli induttori in modo eguale facendo variare solo il **campo.**

2°) Poichè, quando i rotori sono in equilibrio, non sono percorsi da corrente, essi possono restare a lungo in funzione senza temere surriscaldamenti.

3°) E' evitata la possibilità di sfasamenti.

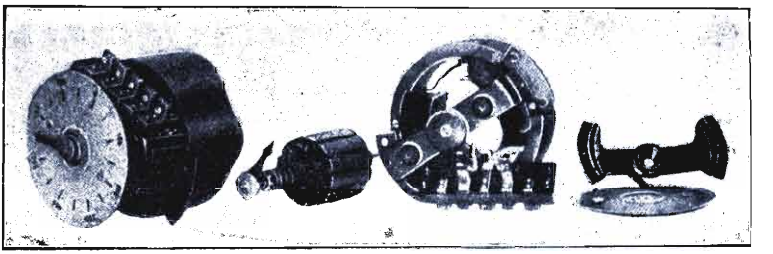


Fig. 431.

Se per un'avaria al circuito di alimentazione, viene a mancare agli apparecchi la corrente di eccitazione, mentre il rotore del trasmettitore viene mosso, esso si sfasa rispetto al ricevitore il cui rotore rimane fermo: al ritorno della tensione però si ha l'automatica messa in fase del ricevitore. il cui rotore compie immediatamente un movimento ch'è la risultante dei movimenti compiuti dal rotore del trasmettitore nell'intervallo durante il quale è venuta la eccitazione.

Infatti il rotore del ricevitore si dispone immediatamente (rispetto alle espansioni polari) nella posizione eguale a quella che ha il rotore del trasmettitore nell'istante in cui la corrente di eccitazione giunge nuovamente agli apparecchi.

Quando sono richieste più di 50 o 60 posizioni per ogni giro, si ricorre all'accoppiamento per mezzo di ingranaggi di due elementi trasmettitori, ciascuno dei quali è unito elettricamente ad un elemento ricevitore.

Gli indici dei due elementi ricevitori, sono chiamati rispettivamente « indice veloce » ed « indice lento ».

Ogni elemento ricevitore (fig. 432) ha un quadrante proprio, e quindi l'apparecchio ricevitore contiene due elementi ed ha due quadranti (V. Manuale dell'Elettricista pag. 287, fig. 261).

Il consumo di energia è di circa 10 Watt per ogni apparecchio. Avendo un fattore di potenza (cos φ) molto basso, di circa 0,25 (vedi Manuale dell'Elettricista pag. 125), si ha una erogazione di corrente di circa 0,8 ampère per apparecchio.

Questo sistema di trasmissione viene usato:

a) Per trasmettere comandi ad apparecchi singoli;
b) Per trasmettere alzo cursore;
c) Per trasmettere il brandeggio e l'antirollio.

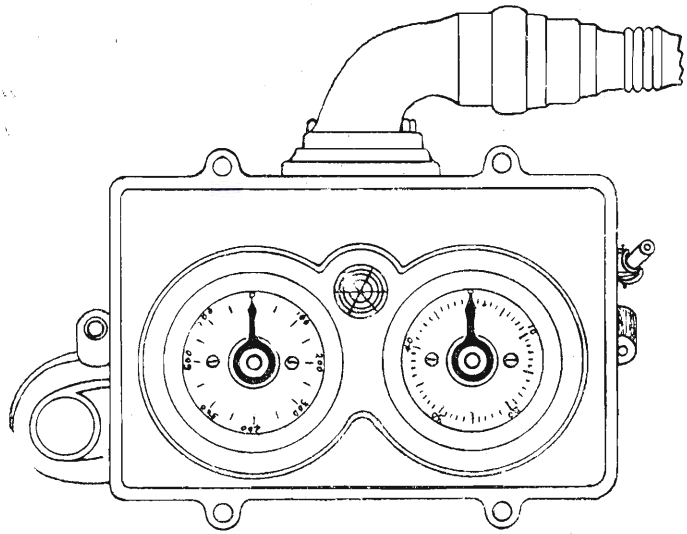


Fig. 432.

L'apparecchio rappresentato nella fig. 432 è a riporto meccanico dell'indice a zero. In esso si fa meccanicamente dall'esterno girare lo statore del ricevitore in modo che il campo induttore, variando di direzione, determina lo spostamento dell'indice in senso opposto ed il ritorno a zero quando tale direzione ha variato di una quantità uguale e contraria allo spostamento effettuato dall'indice rispetto allo statore (Vedi manuale dell'Elettricista pag. 255).

I ricevitori di alzo e cursore, a riporto di indice, constano pertanto di due ordinari elementi ricevitori a corrente alternata, i cui statori non sono fissi, ma sono montati entro coppe che ruotano intorno al loro asse.

Quando si manovra il trasmettitore, l'indice ruota rispetto allo statore, e quindi alla linea di fede (fissa). Facendo ruotare di una quantità eguale e contraria lo statore, si riporta come si è detto l'indice a zero.

Il gruppo dei due ricevitori, col relativo collegamento meccanico, è montato su di una unica base e mediante un apposito innesto può essere facilmente asportato dalla cassetta fig. 433.

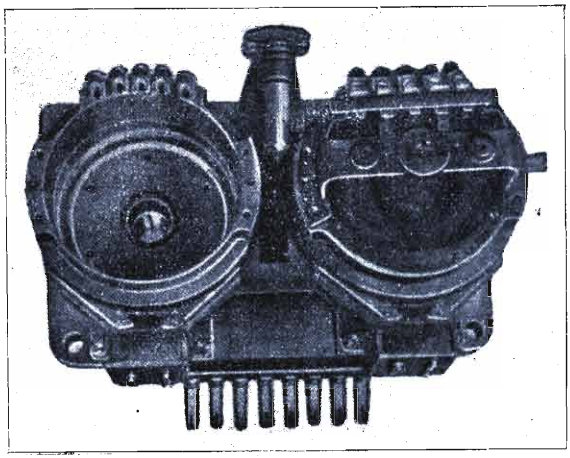


Fig. 433.

Su detta base si ha inoltre, per escludere l'apparecchio, un interruttore che interrompe la eccitazione dello statore.

I ricevitori di punteria sono sistemati ai pezzi e ricevono, come si è detto, gli elementi per il brandeggio e l'antirollio.

Poichè questi dati cambiano rapidamente, i ricevitori devono essere tali da permettere di distinguere su di un solo quadrante circa 200 posizioni, numero cioè molto maggiore a quello che si può ottenere con un solo ricevitore.

Il problema essenzialmente meccanico può enunciarsi così: Riportare su di un unico indice, mantenendo la univocità, le indicazioni di due elementi ricevitori. Esso è stato così risolto: (Vedi fig. 435) un giro del ricevitore lento M, corrisponde al valore massimo richiesto per un giro dell'indice.

Detto ricevitore M, muove con rapporto I ad I un disco oscuratore o leggero ed opaco, il quale porta un settore forato.

Sotto questo settore, portata e mossa dal ricevitore veloce V, ruota per mezzo di ingranaggi, una stella di undici S. Per un giro del ricevitore veloce la stella riprende apparentemente la medesima posizione, ma con uno scambio dei singoli indici che sono uguali tra loro.

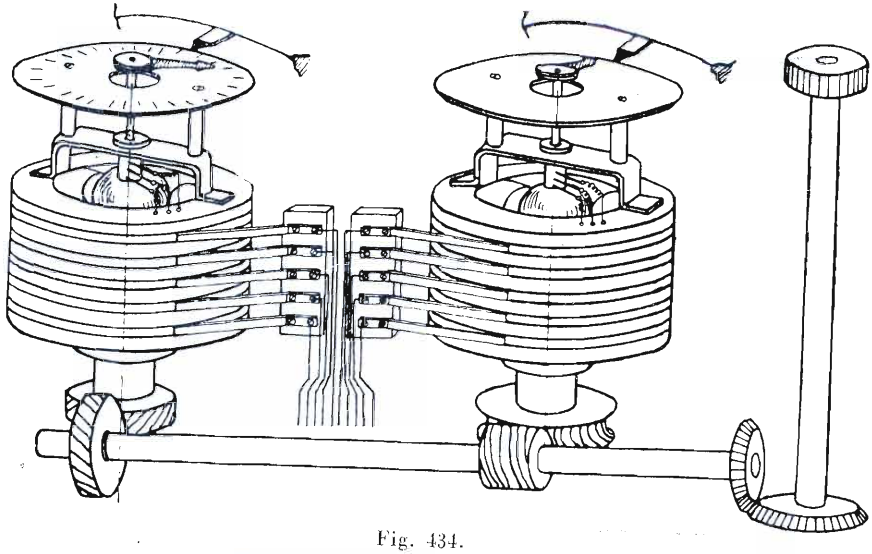


Fig. 434.
Ricevitore di ordine e controindice

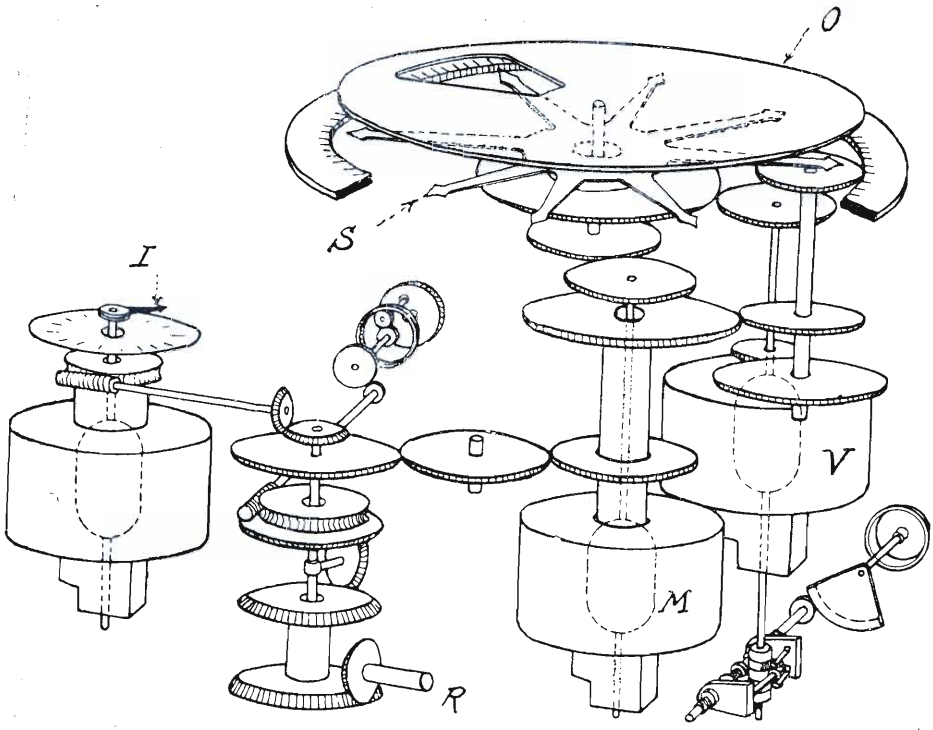


Fig. 435.
Ricevitore di punteria

Attraverso l'oscuratore si vede però uno solo degli indici e si raggiunge quindi la piena univocità desiderata; mentre la precisione delle indicazioni dell'indice visibile è ancora quella data dal ricevitore veloce.

L'univocità dell'apparecchio nell'intero campo di trasmissione è poi completata da un terzo ricevitore (lento) che muove su di un piccolo quadrante separato un piccolo indice I.

Tutti gli elementi ricevitori sono montati, come i ricevitori d'ordini, entro coppe collegate meccanicamente tra loro e con la manovra di riporto R.

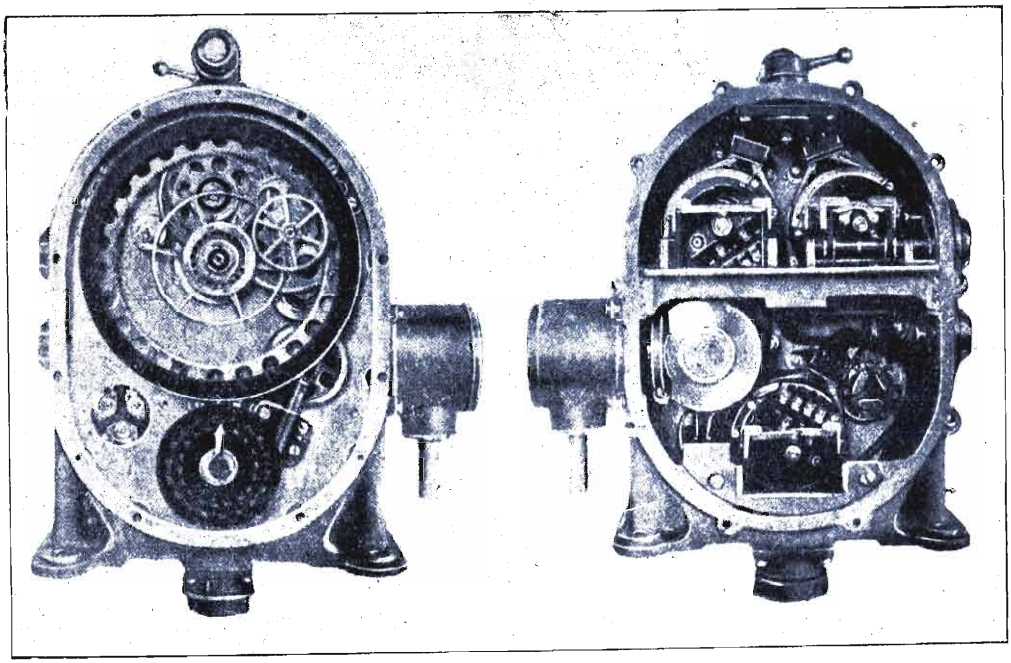


Fig. 436.

Un particolare importante da notare nei ricevitori di punteria è il contatto di fuoco.

Ogni rotore di ricevitore porta calettato sull'asse un cilindro isolato, parte di vetro e parte di argento, perfettamente levigato e centrato.

Su di esso strisciano due o tre spazzole a rotella, collegate in serie sul circuito di un relais di sicurezza del fuoco.

Il circuito è chiuso, rendendo possibile lo sparo, quando le spazzole dei due ricevitori si trovano ambedue sul settore conduttore del cilindretto.

Sul ricevitore veloce, le spazzole sono spostabili in modo che si possa rego-

lare l'ampiezza del settore nel quale il circuito resta chiuso, rendendolo minore quando condizioni favorevoli di punteria permettono di realizzare una maggiore precisione.

Questi apparecchi richiedono (come è stato detto) per l'alimentazione del campo (statore) sia dei trasmettitori che dei ricevitori, corrente alternata monofase 50 V, 50 periodi, cioè che rende necessario l'adozione di un complesso convertitore.

Apparecchi elettrici di trasmissione a distanza sistema NUK. — Gli apparecchi sistema Nuk sono a corrente continua.

In essi si utilizza l'azione orientatrice di un campo magnetico permanente su due telai mobili, percorsi da corrente.

L'equipaggio mobile è costituito da due telai, disposti ad angolo retto fra loro, e che occupano lo spazio cilindrico (interferro) esistente fra le espansioni polari di un robusto magnete, ed un nucleo di ferro dolce.

Se *a* e *b* sono due segmenti fra loro perpendicolari, che rappresentano ciascuno in direzione ed intensità il campo magnetico creato dalla corrente elettrica che percorre uno dei telai, il campo magnetico risultante è dato in direzione ed intensità alla diagonale del rettangolo costruito su *a* e *b*.

Se *a* e *b* possono variare entrambi con continuità fra due limiti — k e + k, la risultante può assumere qualunque posizione.

L'equipaggio mobile quindi, potrà essere orientato come si desidera, facendo percorrere i due telai da correnti opportunamente calcolate come segno (direzione), e come intensità. (V. fig. 437).

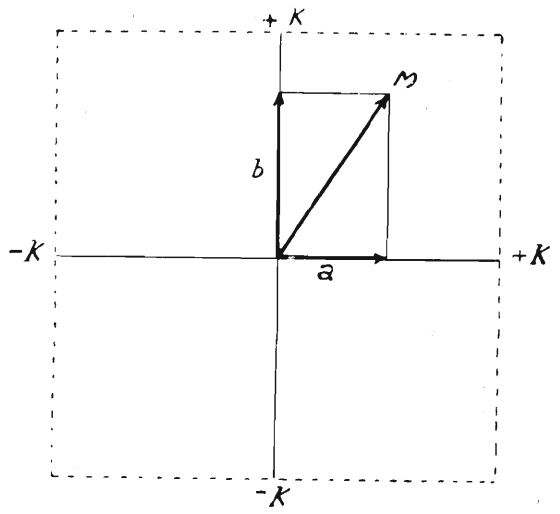


Fig. 437.

Supponiamo infatti che esista solamente il campo magnetico *a*, prodotto dalla corrente elettrica circolare nella nebbia a', mentre il campo magnetico *b*, sia di intensità nulla, essendo zero il valore della corrente elettrica circolante nella bobina b'.

La bobina a' si disporrà normalmente alla direzione del campo, e se si inverte la corrente, ruoterà di 180°.

Se invece la corrente percorre solamente l'altra bobina b', sarà questa che si disporrà normalmente al campo, e che ruoterà di 180°, invertendo in essa il senso della corrente.

Da ciò si deduce che qualora la corrente elettrica circoli, in un senso o nell'altro e senza variazione dell'intensità, in una sola bobina per volta, l'equipaggio mobile può assumere quattro posizioni diverse. Le posizioni intermedie si ottengono invece alimentando tutte e due le bobine e variando il rapporto delle loro correnti.

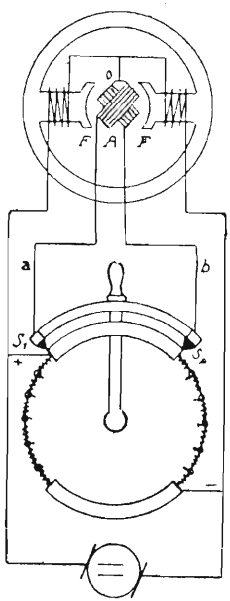


Fig. 438.

I ricevitori sistema Nuk, sono dunque essenzialmente costituiti da un equipaggio con due bobine normali fra loro, avvolte su di un tubo di rame, avente lo scopo di smorzare le oscillazioni e capaci di ruotare con il tamburo stesso nel campo magnetico prodotto da elettromagneti.

Il campo magnetico è assai intenso, però la posizione dell'equipaggio mobile, e quindi le indicazioni dell'apparecchio, sono indipendenti dall'intensità del campo magnetico ed anche dalla intensità della corrente circolante singolarmente nelle due bobine, poichè ciò che determina la grandezza della deviazione è il rapporto delle due intensità della corrente. E' questo un importante requisito di tali apparecchi.

Il trasmettitore è un apparecchio col quale si può variare opportunamente il rapporto fra le due intensità. Esso è schematicamente rappresentato nella fig. 438.

In esso si vedono due settori estesi per 90°, collegati rispettivamente al polo positivo ed al negativo di un generatore di corrente continua e collegati fra loro da due resistenze. Come risulta dalla figura ciascuna resistenza è divisa in cinque parti mediante bottoni di contatto.

Due spazzole collegate a 90° fra loro, raccolgono la corrente da inviare alle bobine mobili del ricevitore.

Risulta evidente che variando la posizione delle spazzole, varia la tensione fra le spazzole stesse, e precisamente nella posizione indicata in figura, la differenza di tensione fra di esse è nulla mentre che aumenta in un senso o nell'altro a seconda che vengono spostate da una parte o dall'altra. Le due bobine dell'equipaggio mobile del ricevitore, hanno un capo in comune e l'altro collegato a ciascuna spazzola.

Il collegamento comune delle due estremità è a sua volta unito con un punto dove esiste un potenziale metà di quello esistente fra i due settori continui. Dallo schema si rileva infatti che l'estremità comune delle due bobine è unita al punto di mezzo dell'avvolgimento di eccitazione del campo, derivato, a sua volta sui settori continui.

Da quanto si è detto è facile rilevare che, ad ogni posizione della manovella del trasmettitore, per un intero giro, corrisponde unicamente, pure per un intero giro, una definita posizione del ricevitore.

Il numero delle posizioni del ricevitore, e quindi del suo equipaggio mobile, dipende dal numero dei bottoni delle resistenze che collegano i due settori del trasmettitotre, e si può arrivare ad averne anche 240 per giro.

Normalmente i trasmettitori sono costituiti per 8, 12, 24, 32, 64, 120 posizioni.

Il consumo di energia è di 25 Watt per ogni apparecchio.

Le bobine mobili vengono calcolate e costruite per la tensione di 60 V.

Fig. 439.

La fig. 439 rappresenta un elemento trasmettitore a 120 posizioni ed un elemento ricevitore.

La forza direttrice di questi apparecchi è notevole, e lo smorzamento molto grande.

Come è stato detto, la tensione può variare entro limiti assai estesi in più od in meno, senza che le indicazioni siano alterate.

Altro notevole vantaggio offerto da questo sistema, è che, qualora per una avaria qualunque, l'energia elettrica di alimentazione venisse a mancare durante la manovra del trasmettitore, al ritorno della corrente l'apparecchio ricevitore compierebbe immediatamente il movimento risultante dei movimenti compiuti dal trasmettitore stesso, nell'intervallo durante il quale è mancata la corrente.

E' evidente poi che anche con questo sistema, si possono con un solo trasmettitore far funzionare vari apparecchi in parallelo.

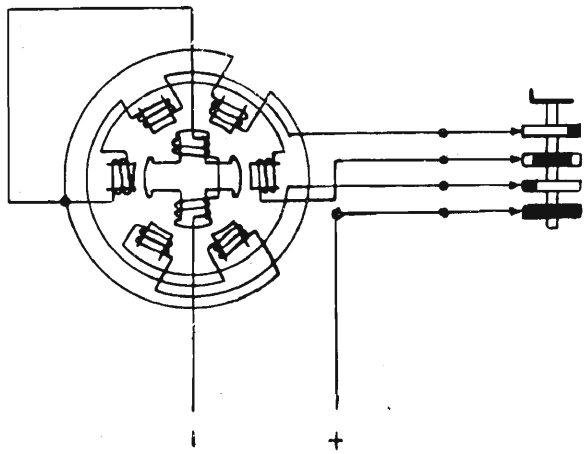


Fig. 440.

Eventuali guasti sono subito rilevati dal cattivo funzionamento degli apparecchi. Così ad esempio se un conduttore è interrotto, i ricevitori rimangono fermi in una posizione.

Nelle centrali di tiro Galileo, gli apparecchi Nuk sono usati per la trasmissione delle distanze dei telemetri.

In questo caso particolare, occorrendo trasmettere un numero di molte centinaia di posizioni, si hanno due trasmettitori collegati tra loro in modo che l'uno faccia un passo a scatto, ogni qualvolta l'altro abbia compiuto un giro, od una determinata frazione di giro.

Così, uno dei trasmettitori (il lento), trasmette la distanza di mille in mille metri per tutta la scala telemetrica, mentre l'altro (il veloce), trasmette ogni variazione di 25 metri, fino a 3000 metri. Cioè ad ogni terzo di giro del secondo trasmettitore (il veloce), l'indice del primo trasmettitore (il lento), compie uno scatto, e l'indicazione varia di 1000 metri.

Sistema a trasmissione sincronica. — Questo sistema si usa per ragioni di semplicità, quando non occorre garantire la univocità di posizione, ed è invece necessario disporre nei ricevitori di una coppia motrice considerevole.

Nel trasmettitore, si ha semplicemente un commutatore che manda periodicamente in tre linee la corrente continua, derivata dalla linea di alimentazione dei commutatori.

Nei ricevitori si ha un campo a più poli, ed una parte mobile polarizzata.

I poli del campo vengono commutati sincronicamente con la rotazione del commutatore trasmettitore, ed in definitiva si ha con la rotazione del trasmettitore, una analoga rotazione dell'armatura sincronica (parte mobile).

Il sistema usato nelle centrali Galileo è costruttivamente esapolare, ma nella rotazione del commutatore dà luogo ad un campo rotante tetrapolare.

La parte mobile è percorsa da corrente ed ha quattro poli.

La parte mobile, ben proporzionata, può girare senza perdere il sincronismo fino alla velocità di oltre 1000 giri al minuto, ma le velocità di funzionamento sono nelle centrali di tiro mantenute in limiti moderati.

La fig. 441 rappresenta un commutatore ed un motorino ricevitore.

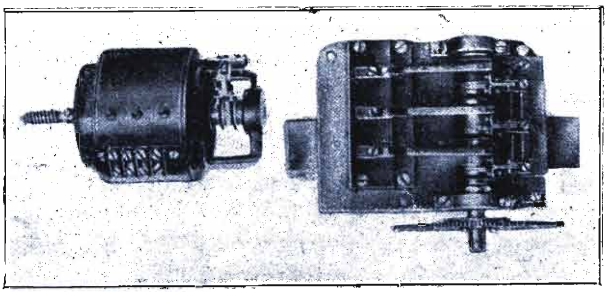


Fig. 441.

ASSERVIMENTO.

Quando il movimento di un organo comandato da un altro è ostacolato da forze considerevoli che non lo farebbero avvenire con la dovuta precisione, si risolve il problema mediante asservimento. Si interpone cioè tra l'organo che deve trasmettere il movimento e quello comandato un servomotore cioè un organo intermedio che ha il solo scopo di vincere le resistenze che si oppongono alla trasmissione. Così per esempio (V. fig. 442) se A' B', deve muoversi con A B, e quest'ultimo non può muoverlo direttamente, si dispone su B A, una appendice metallica C, che sta fra due contatti D D', portati dal pezzo B, A', senza però toccarne alcuno, quando è in posizione normale.

Se A B, si muove in un senso, o nell'altro, l'indice C, viene a toccare o il contatto D o quello D', provocando così la chiusura di un circuito elettrico; e quindi la messa in moto del motore M. in un senso o nell'altro, in modo da far spostare l'organo A' B', nello stesso senso di A B.

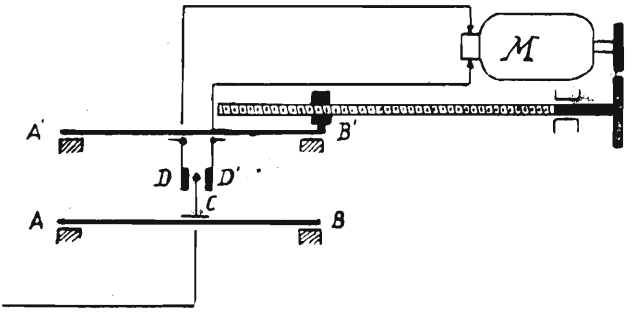


Fig. 442.

L'organo A' B', continuerà a muoversi fino a che non abbia raggiunto una posizione tale che l'appendice C, non sia più a contatto con uno degli scontri D, D'.

Nelle centrali di tiro, si fa largo uso dell'asservimento elettrico realizzato mediante artifizi meccanici e combinazioni di contatti elettrici alquanto complessi.

Gimetro. — Chiamasi Gimetro, un apparecchio che serve a fornire una direzione fissa in un piano orizzontale ed a dare la velocità di variazione dell'angolo formato fra la suddetta direzione fissa ed il rilevamento del nemico (V. manuale dell'elettricista pag. 252).

Quest'angolo indicato con il simbolo G, mentre la sua variazione si indica con g. (da cui il nome di gimetro).

Il gimetro si compone di un complesso girostatico comprendente tre giroscopi G_1 G_2 G_3, (fig. 443) sostenuti da una intelaiatura di metallo leggero.

Le scatole dei giroscopi disposti ai vertici di un triangolo equilatero possono ruotare, rispetto alla intelaiatura intorno agli assi A_1 A_2 A_3, normali agli assi dei giroscopi e passanti per il centro di gravità di ciascun girostato.

I tre assi A_1 A_2 A_3, sono disposti ai vertici di un triangolo equilatero, e gli assi dei giroscopi si trovano tutti in uno stesso piano.

Dei tre girostati due sono vincolati fra loro per mezzo dei settori D D', mentre il terzo chiamato « girostato meridiano », è libero.

L'incastellatura dell'equipaggio girostatico porta inferiormente una calotta sferica F, il cui centro coincide con il baricentro del sistema.

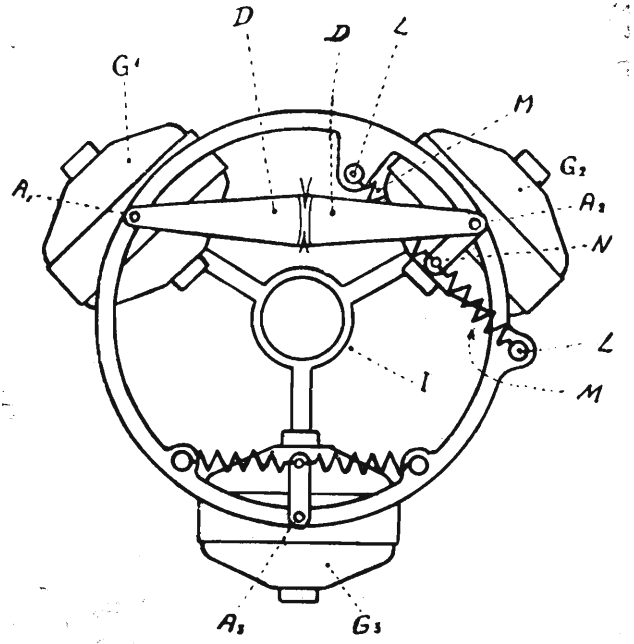


Fig. 443.

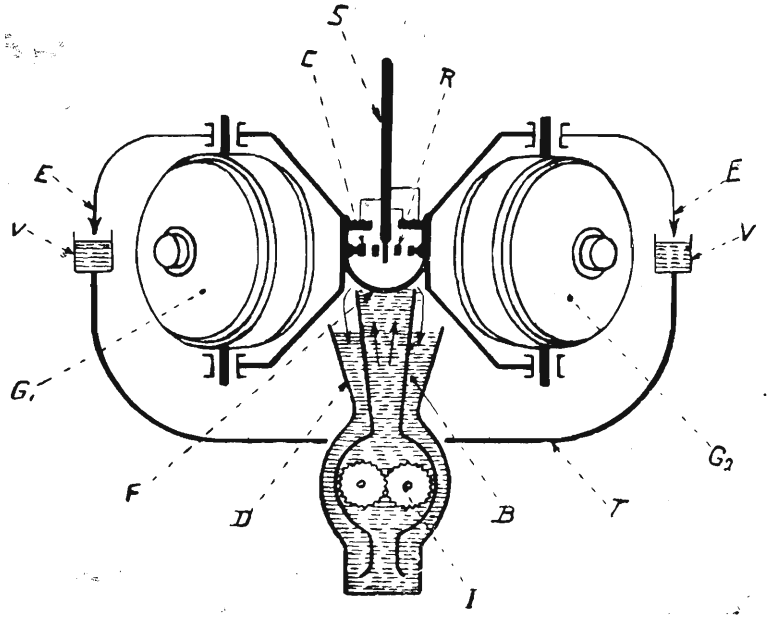


Fig. 444.

La calotta F, in condizioni di riposo appoggia sul bicchiere B, che è in comunicazione inferiormente con la camera di compressione con una pompa ad ingranaggi.

Esteriormente al bicchiere B, vi è un altro bicchiere D, concentrico al primo, aperto superiormente ed in comunicazione con l'aria ambiente.

Il bicchiere B, la pompa ed il bicchiere D, sono riempiti di olio fino quasi all'orlo.

Quando la pompa dell'olio I, è in moto, l'olio sotto pressione solleva la calotta F, e si riversa nel bicchiere D, dal quale torna alla pompa che lo rimanda in circolazione.

La corrente elettrica ai giroscopi viene condotta per mezzo di tre punte, che pescano in tre vaschette concentriche piene di mercurio, e ben isolate elettricamente fra loro, queste sono portate dall'asse S.

La fig. 445 mostra uno dei girostati in cui la massa girostatica costituisce il rotore di un motore asincrono ricavato da un massello di acciaio nell'interno del quale è sistemato l'indotto a gabbia di scoiattolo.

L'avvolgimento induttore trifase che costituisce lo statore è interno.

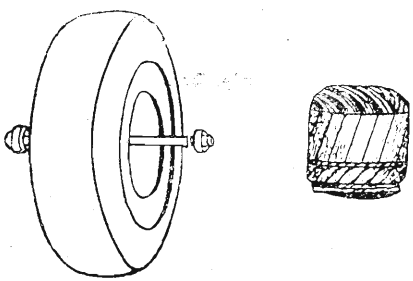


Fig. 445.

La fig. 446 mostra l'elemento giroscopico montato e visto dal lato del girostato meridiano.

L'alimentazione dello statore dei girostati è fatta con corrente alternata trifase a 333 periodi.

La velocità di rotazione è di 20.000 giri al minuto.

La fig. 447 rappresenta una sezione della convertitrice che serve a dare la corrente a 333 p.s. per i girostati.

La fig. 448 mostra la convertitrice con il rotore smontato.

Poichè nel gimetro la velocità dei girostati deve essere costante è necessario che lo sia anche la frequenza della corrente erogata dalla convertitrice. A tale scopo la tenzione che alimenta la convertitrice è mantenuta costante mediante apposito regolatore automatico (regolatore rapido Thoma) in modo

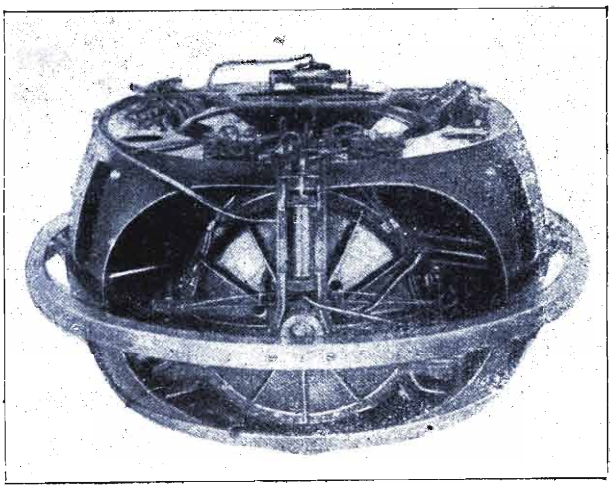


Fig. 446.

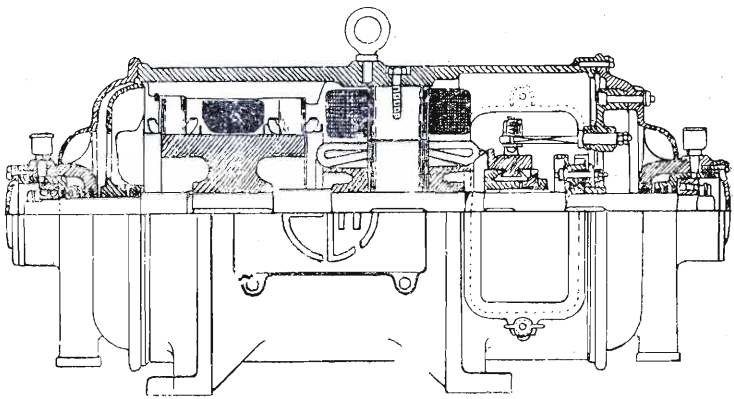


Fig. 447.

che la velocità di rotazione della macchina e quindi la frequenza della corrente alternata, non subiscano variazioni.

Nel dispositivo Thoma un regolatore molto sensibile comanda un servomotore a liquido (fig. 449) mediante il quale viene manovrato un reostato che è in serie con l'indotto del motore.

Sulle navi la cui tensione di esercizio dell'impianto elettrico è di 110 V. la alimentazione del servomotore viene effettuata alla tensione costante di 90 V, mentre sulle navi dove la tensione di esercizio dell'impianto è di 220 V., detta alimentazione viene effettuata alla tensione di 180 V.

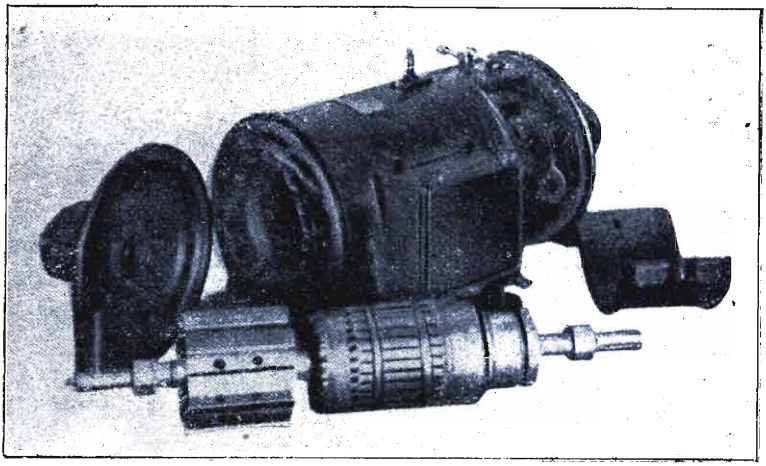


Fig. 448.

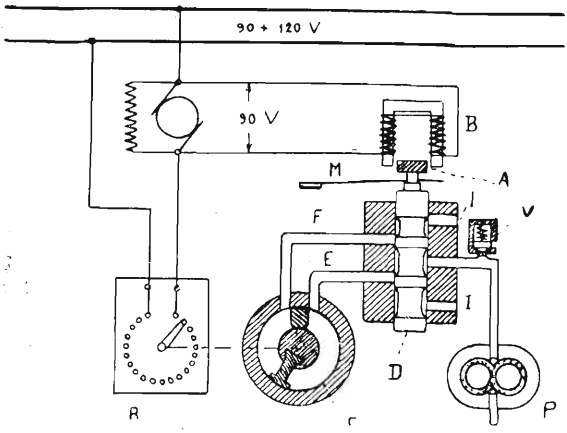


Fig. 449.

Il regolatore di tensione quindi è efficace, finchè la tensione di bordo non diminuisce oltre il 20 % del valore normale.

La figura 449 mostra schematicamente il funzionamento del regolatore di tensione.

Una bobina B, è derivata ai capi della macchina; la corrente nella bobina è quindi il campo magnetico da essa prodotta e proporzionale alla tensione applicata alla macchina.

L'ancora A, che è leggerissima, ed è trattenuta da opportune molle M,

data la piccolezza del traferro, seguirà esattamente, alzandosi ed abbassandosi, tutte le variazioni del campo magnetico.

L'ancora trascina seco il cassetto distributore D, del servomotore S.

Se la tensione diminuisce, l'ancora si abbassa, il cassetto distributore pure, e l'olio, spinto dalla pompa P, attraverso il condotto E, penetra nella camera di destra premendo l'aletta del servomotore e facendo girare nel senso delle lancette dell'orologio.

L'asse del servomotore comanda la leva del reostato R, nel senso di escluderlo facendo aumentare la tensione.

Per rendere il sistema più pronto e più sensibile viene fatta circolare, nelle bobine anche una debole corrente alternata che mantiene il sistema in continua oscillazione.

L'avviamento del gimetro, si ottiene mediante apposito reostato di avviamento munito di interruttore automatico, che entra in funzione se la tensione si abbassa oltre un certo limite.

Lo schema del reostato e del convertitore è indicato dalla fig. 450.

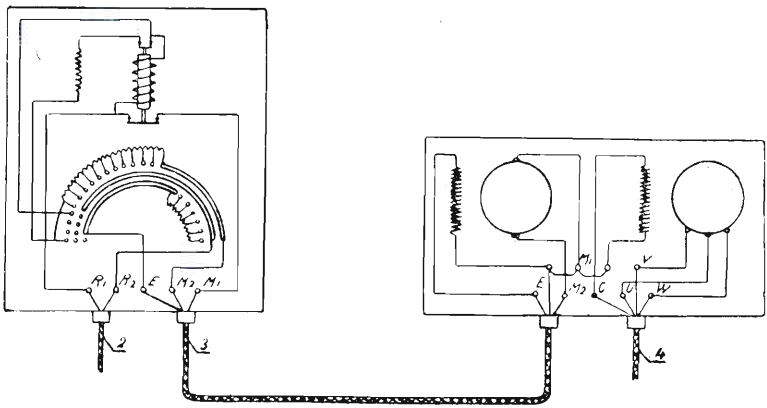


Fig. 450.

Dispositivi per dare moto continuo agli strumenti della centrale di tiro. — Nella centrale molti apparecchi devono ricevere un movimento continuo ed essere azionati a velocità costante.

A questo scopo, si hanno due motori elettrici, di cui uno di riserva (fig. 451), disposti in modo che uno o l'altro possa essere ingranato agendo sulla leva L. La centrale può inoltre esser tenuta in moto mediante una pedaliera in caso di interruzione di corrente.

La velocità dei motori è mantenuta costante entro i limiti normali di va-

riazione della tensione di alimentazione mediante un regolatore di velocità ad orologeria (figg. 452-453).

Questo regolatore consta di un solido meccanismo di orologeria, a scappamento, che ad ogni mezza oscillazione chiude un contatto elettrico di un elettromagnete, il quale costituisce un secondo scappamento più robusto.

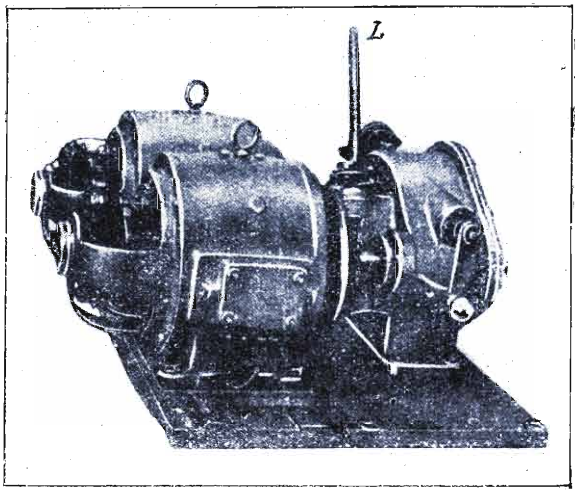


Fig. 451.

La ruota S, comandata da questo secondo scappamento è collegata da un lato ad una corona del differenziale D, e dall'altro lato, per mezzo di un giunto elastico E, all'asse motore M, ed all'altra corona del differenziale.

La prima corona ha una velocità costante, regolata dallo scappamento mentre l'altra corona del differenziale ruota invece con la velocità dell'asse motore.

Se il motore accelera o ritarda rispetto all'orologio, una ruota del differenziale anticipa rispetto all'altra, e ciò produce uno spostamento del portasatelliti.

Quest'ultimo sposta a sua volta il contatto del reostato R del campo del motore, nel senso di riportarne la velocità al valore costante richiesto.

Il giunto a frizione F, sull'asse del motore M, protegge il congegno nel caso che, per una insufficiente regolazione, il motore continuasse ad accelerare.

Il dispositivo di regolazione funziona anche quando la centrale viene azionata per mezzo della pedaliera.

Fonici del fuoco.

Il fonico per il comando del fuoco, deve dare un solo colpo ben distinto al momento che in esso si lancia la corrente.

Il fonico, è quindi simile ad un comune campanello, ma con alcune differenze costruttive. (Fig.454).

Esso consta di un grosso solenoide verticale, entro il quale può scorrere un nucleo di ferro cilindrico.

Nella posizione di riposo, cioè quando il circuito elettrico del fonico è aperto, il nucleo di ferro riposa sul fondo per il proprio peso.

Quando, abbassando un apposito pulsante, viene chiuso il circuito elettrico, la corrente percorre il solenoide, il nucleo viene allora attratto in alto con violenza, e colpisce un percussore portato da una làmina metallica ondulata ed elastica che chiude a chiusura stagna la scatola del solenoide. Il percussore batte un colpo forte e secco contro la campana di bronzo e nuovamente ricade.

Per risparmio di spazio, la scatola che contiene il solenoide è collocata internamente alla campana che viene percorsa dal nucleo di ferro.

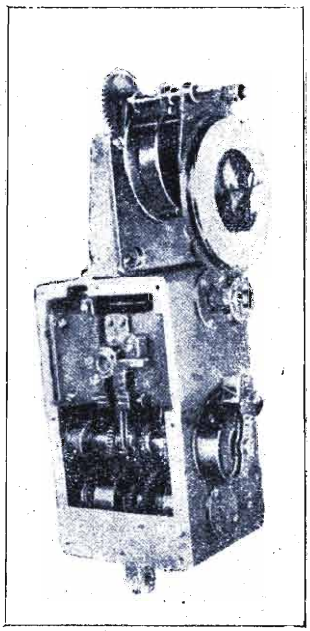


Fig. 452.

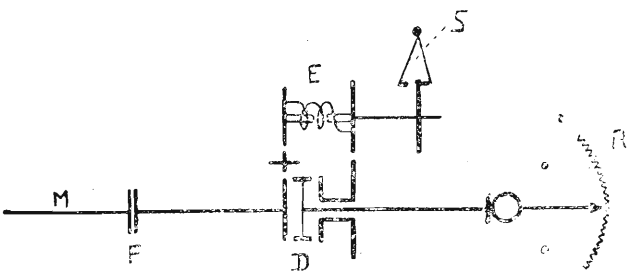


Fig. 453.

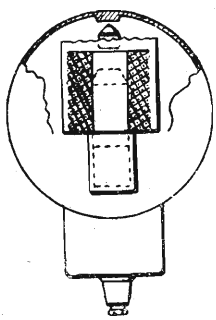


Fig. 454.

ALIMENTAZIONE DEGLI IMPIANTI PER LA DIREZIONE DEL TIRO.

Come si è visto per l'alimentazione dei trasmettitori e ricevitori tipo R. Marina, occorre un generatore di corrente alternata.

Per alimentare invece i trasmettitori e ricevitori tipo Nuk, fonici ed inoltre per i servizi ausiliari della Centrale e cioè gli asservimenti elettrici, i giunti invertitori, i motori, ed il regolatore del moto continuo, occorre un generatore a corrente continua.

Considerando la grande importanza della Centrale del tiro, risulta evidente l'opportunità che il generatore sia del tutto distinto dagli altri elettro generatori che alimentano l'impianto elettrico di bordo.

Ciò permette pure di adottare la tensione che si ritiene più adatta, indipendentemente dalla tensione di esercizio dell'impianto elettrico di bordo, e facilita le operazioni per l'isolamento dei circuiti elettrici della rete del tiro.

Il valore di tensione adottato è di 60 V.

Si ha dunque, per la alimentazione elettrica della Centrale del tiro, un gruppo convertitore costituito da un motore a corrente continua (alimentato dalla rete di bordo); da una piccola dinamo e da un alternatore eccitato da questa dinamo.

L'alternatore fornisce corrente alternata a 50 V. e 50 periodi.

Sui CC. TT. ove c'è un unico impianto per la direzione del tiro, è sistemato un solo convertitore, mentre gli incrociatori che hanno la sistemazione per i grossi calibri, e le sistemazioni A. S. sono provvisti di due convertitori, uno per la Centrale principale, ed uno per le centrali A. S. Mediante appositi commutatori però, il primo convertitore può alimentare anche contemporaneamente le due centrali, mentre il secondo può invece alimentare o l'una o l'altra separatamente. In questo modo per ogni centrale esiste un sistema di alimentazione di riserva.

BIBLIOGRAFIA

Ruggiero — Appunti di materiale elettrico.

Ing. *Parazzoli* — Lezioni elementari di elettricità industriale.

Dr. *L. Graetz* — L'elettricità e le sue applicazioni.

Ing. *Albin* — L'elettrotecnica nei suoi principî scientifici e nelle sue pratiche applicazioni

Ing. *Barbi* — Elettrotecnica.

Ing. *Veroi* — L'abbici della elettrotecnica.

Dr. *L. Pasqualini* — Nozioni elementari di elettrotecnica.

Ing. *Jervis* — Macchine a corrente alternata.

Vicedomini — Materiale elettrico (per gli Ufficiali del Corso Superiore presso la R.A.N.).

Borgatti — Elettricità applicata agli impianti di bordo (per il corso aspiranti presso la R. A. N.).

Iachino — Principî generali delle Girobussole.

Magg. *G. N. Canepa* — Motori termici per generatori elettrici.

Cap. di Freg. *Vicedomini* — Materiale elettrico.

Cap. di Corv. *Matteini* — Misure elettriche.

» » » *Matteini* — Appunti di telefonia.

Stabil. Tecnico Triestino — Complessi turbogeneratori da 150/160 Kw.

Società Ansaldo — Istruzioni per la condotta e manutenzione del motore tipo ANSALDO da 150 Kw.

Società Tosi — Istruzioni per il funzionamento della turbodinamo tipo TOSI.

Ministero della Marina — Norma per la condotta e manutenzione delle batterie elettriche dei Sommergibili.

REGISTRAZIONE DELLE VARIANTI

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

Finito di stampare in dicembre 1939 - XVIII coi tipi
della SOC. AN. POLIGRAFICA ITALIANA in Roma

Lire 10